



Isabel Catarina Martins

ROTAÇÕES MENTAIS IMPLÍCITAS E REPRESENTAÇÕES DINÂMICAS EM PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL: O IMPACTO DAS LIMITAÇÕES DA ACTIVIDADE

Tese de Doutoramento em Psicologia, na especialidade de Psicologia Experimental, orientada por Professor Doutor Armando Mónica de Oliveira e por Professor Bert Steenbergen e apresentada à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra

FEVEREIRO 2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



ROTAÇÕES MENTAIS IMPLÍCITAS E REPRESENTAÇÕES
DINÂMICAS EM PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL:
O IMPACTO DAS LIMITAÇÕES DA ACTIVIDADE

ISABEL CATARINA MARTINS

*Tese de Doutoramento em Psicologia, na especialidade de Psicologia Experimental, orientada por
Professor Doutor Armando Mónica de Oliveira e por Professor Bert Steenbergen e apresentada
à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra*

COIMBRA – 2015

Referência:

Martins, I. C. (2015). *Rotações mentais implícitas e representações dinâmicas em pessoas com Paralisia Cerebral: o Impacto das limitações da Actividade*, Tese de doutoramento não-publicada, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Endereço electrónico do autor:

cat.martins.form@gmail.com

Concepção gráfica:

Susana Teixeira, susanapratasteixeira@gmail.com

Imagem da Capa:

Marisa Silva

Impressão:

OGAMI

Apoios:

Trabalho financiado por uma bolsa de doutoramento atribuída pela

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA | Portugal

SFRH/BD/64960/2009



Esta tese não se encontra redigida ao abrigo do Novo Acordo Ortográfico.

Agradecimentos

Escrever uma tese de doutoramento, vim a descobrir, é uma luta entre liberdades e constrangimentos, que ignorávamos ter de vir a habitar.

Tudo começa com o mar dos sonhos a dar na nossa praia, e no decurso, mar alto, numa viagem muitas vezes solitária, ganhamos e perdemos. E damos conta que, na luta entre as classes, as perdas, às vezes, saem a ganhar.

Fazemos descobertas que nos erguem, motivadoras, pelo potencial de mudança na vida de alguém, e navegamos entre avanços e recuos num processo que, dizem-nos, é mesmo assim. That's science. Entusiasmamo-nos com o nunca-antes-navegado e hesitamos, cedendo a uma âncora maciça a apelar ao dever. Realizamo-nos e adiamos a vida, que continua a desfilar, em terra.

E depois... há os outros. Ah...os Outros...

Uns que arrastamos connosco e fazem, sua, a nossa jornada, outros que atropelamos. A esses, aos que são bons ventos, que limpam areias e abrem caminhos, aos que nos suportam ausências, aos que nos acenam, aos que nos aguardam... devem-se agradecimentos. Numa viagem, afinal partilhada.

A todos os que, através de uma participação directa no estudo levado a cabo, ou de uma atitude de incentivo ao longo do Caminho, permitiram que houvesse praia, e por quem sinto uma profunda dádiva de gratidão, deixo minha nota de agradecimento.

Ao Professor Doutor Armando Mónica de Oliveira, pela sua orientação, pautada pela competência científica, visão rigorosa e atenta, e pelo interesse e empenho com que acompanhou um percurso nada simples, com constantes necessidades de enriquecimento, ajustamento e reinvenção;

Ao Professor Bert Steenbergen, co-orientador, por me ter acolhido na Radboud University, na qual integrei a Motor Control Team of Behavioral Sciences Institute;

À Marjolein Jongbloed-Pereboom, à Steffie Spruit e à Julia Hilevych pelo apoio prestado durante o tempo que passei em Nijmegen.Holanda;

Às Direcções das Instituições que abriram portas, quando a regra era fechar: APC de Faro, APC de Viseu, APC de Lisboa, Espaço Sete Ofício, Centro Nuno Belmar da Costa, Centro Nuno Krus Abecassis e CERCITOP-Sintra, possibilitando, assim, uma abrangência do estudo nacional.

À Ana Nogueira, Filipa Carrilho, Dora Houy, Alexandra Gentil e Susana Alves pelo importante contributo no apoio à selecção dos participantes com PC;

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo financiamento através de uma Bolsa de Doutoramento SFRH/BD/64960/2009 e ao Instituto de Psicologia Cognitiva;

À Susana Teixeira pela disponibilidade e paciência demonstradas na fase final deste trabalho;

A todos os participantes que, de forma voluntária, generosa e paciente, possibilitaram a recolha dos dados que deram origem a este trabalho;

E...

À Catarina Silva, pela sua grande amizade e pela sua presença empática, sempre pronta a responder, de forma inexcedível, aos apelos... e por me chamar à terra, quando o exagero irracional me ameaçava;

Às minhas Belas (Jorge e Esteves) sombras constantes, por serem a maior prova de apoio incondicional e terem colocado inteiramente ao meu serviço o que cada uma tem de melhor (Somos “Um!”);

À Catarina Santos e à Manuela Garcia, pela crença, em demasia, no que sou e pela confiança e apoio quando a minha insegurança as chamava;

À Olga do Vale, à Marisa Silva e à Isabel Morais por terem sido Lar, Acolhimento e Conforto nas minhas estadias em Coimbra;

À D. Ermelinda, tantas vezes uma retaguarda de segurança, disponibilidade e afecto;

À Carla Silva, Célia Ribeiro, Dora Pereira, Paula Xavier e Tânia Lima pelos olhares curiosos e interessados em momentos diferentes desta construção;

Às pessoas com Paralisia Cerebral e suas famílias, com quem trabalho, pelo exemplo de resistência, determinação e luta constante;

Aos profissionais da APCV, meus colegas de trabalho e companheiros de jornada;

Ao Rui Coimbra, o exemplo, mais vivo que tenho, da capacidade de fintar a vida e ir sempre mais longe, a rir do impossível ... por ser ele;

Ao Luís, a minha principal fonte de motivação, por ter sido, desde o início, quem mais acreditou, por ter redefinido a minha noção de distância e por persistir na missão de fazer-me acreditar que só o que nos faz felizes, merece ser continuado.

E porque os agradecimentos se tocam, muitas vezes, com os pedidos de desculpa (e eu devo muitos), *mea Culpa*:

À minha Família, com quem mais falhei, a quem me devo, e a quem tanto me furtei, aos meus pais e irmãos, aos meus sobrinhos que nasceram e cresceram com uma tia a meio-gás;

Aos meus Amigos, que, ao longo da travessia, aceitaram as minhas ausências, sem julgamentos;

Ao Agrupamento 1351 do CNE, um dos meus campos de crescimento e com quem nem sempre cumpri as minhas responsabilidades de dirigente.

A todos, o meu Bem-Haja!

Até já! Não há passos divergentes para quem se quer... reencontrar.

Resumo

A presente dissertação caracteriza o desempenho de pessoas com Paralisia Cerebral (PC) em tarefas de rotação mental implícita (de letras e mãos), tarefas de Momento Representacional (MomRep: localização da última posição percebida de um alvo em movimento) e tarefas de tempo-até-ao-contacto (TTC: estimação do momento em que um alvo móvel, que desaparece a dado momento, atingiria um objecto colocado na trajectória do movimento). Esta caracterização é prosseguida numa série de estudos comparativos envolvendo duas amostras de 48 e 22 participantes com PC e duas amostras de participantes Controlo. A PC designa um grupo de perturbações permanentes do movimento e da postura que resultam em limitações importantes da actividade, especialmente a nível motor. O objetivo geral da dissertação é duplo: (1) Analisar o impacto das limitações da actividade na imaginaria mental (IM) implícita, nas representações dinâmicas subjacentes ao MomRep (erro de localização para diante da posição final de um alvo móvel subitamente desaparecido) e na extrapolação do movimento associado à estimação do TTC; (2) Contribuir para a redefinição da noção de PC, esclarecendo a existência de perturbações ao nível perceptivo-representacional secundárias às limitações de actividade, e avaliando potenciais indicações resultantes para o domínio da habilitação.

Esta investigação parte de um trabalho anterior de Martins, Oliveira e Amorim (2005), que mostrou uma IM (visual e motora) intacta, mas lentificada, em participantes com PC. Os estudos com tarefas de rotação mental procuraram replicar esses resultados numa amostra mais robusta, incluindo participantes com diferentes tipos de PC e classificados quanto à severidade dos compromissos funcionais.

Os participantes julgaram a natureza de letras rodadas (normal-em espelho), e a lateralidade (esquerda-direita) de mãos rodadas, vistas sob duas perspectivas. Face às sugestões presentes na literatura sobre o envolvimento da IM em tarefas de MomRep e de TTC, o impacto das limitações da actividade poderia igualmente estender-se, mediado pela lentificação da IM, às tarefas de MomRep (e.g., reduzindo a magnitude do erro para diante) e de TTC (e.g., retardando o momento em que o alvo contacta o objecto). Os estudos realizados com estes dois tipos de tarefas destinaram-se a testar essa eventualidade. Nas tarefas de MomRep, as respostas envolveram a localização motora da última posição percebida do alvo (com o cursor do rato) ou um julgamento perceptivo igual/diferente sobre a localização de uma sonda mnésica, idêntica ao alvo. O intervalo entre o desaparecimento do alvo e o momento da resposta foi variado, de modo a examinar o curso temporal do MomRep. Nas tarefas de TTC, os participantes assinalaram, pressionando um botão, o momento estimado em que o alvo contactava o objecto. O objecto consistiu num rectângulo ou numa silhueta humana de perfil, favorecendo uma “analogia corporal”.

Todos os participantes exibiram o efeito de rotação mental na tarefa de rotação de letras e o efeito MOLA (vantagem do medial sobre o lateral) na tarefa de mãos. A amostra PC revelou assim competências preservadas de IM visual e motora. Declives superiores dos tempos de reação (TR) na amostra PC em ambas as tarefas confirmaram uma lentificação geral da IM, não específica à Imaginaria motora. Na tarefa de RepMom com localização motora, o erro para diante foi maior na amostra PC, mas menor quando a resposta consistiu num julgamento perceptivo. O atraso imposto à resposta só teve efeitos nesta última condição, revelando um pico mais tardio de MomRep na amostra PC. O conjunto destes resultados é consistente com um recurso acrescido dos participantes PC a estratégias compensatórias incorporadas (*embodied*), reflectindo as suas próprias experiências de interação com objectos dinâmicos (e.g, acções de intercepção). Ambos os grupos apresentaram uma subestimação geral do TTC, mais pronunciada na amostra PC (contrariamente ao que o envolvimento numa IM lentificada implicaria). Esta tendência acentuou-se na condição silhueta, especialmente na amostra PC. Como na tarefa de MomRep, os resultados parecem reflectir um papel primordial do planeamento antecipatório, incorporando propriedades funcionais (latências incluídas) do repertório de acções específico dos participantes.

No geral, as limitações da acção estiveram associadas a uma lentificação da Imaginaria visual e motora, favorecendo a tese da sua origem comum e apontando para a conveniência de incluir na definição da PC perturbações secundárias às limitações de actividade. A preservação qualitativa de IMot nos participantes com PC suporta a sua potencial utilidade para a habilitação dos aspectos mais cognitivos do comportamento motor. O papel das estratégias compensatórias incorporadas evidenciado nas tarefas de MomRep e TTC sugere a promoção de experiências motoras interactivas com objectos dinâmicos como uma potencial ferramenta de habilitação para a acção em pessoas com PC.

Palavras-chave: Imaginaria Motora, Momento Representacional, Tempo-até-ao-contacto, Rotação Mental, Paralisia Cerebral

Abstract

The current dissertation characterizes the performance of people with Cerebral Palsy (CP) on implicit mental rotation tasks (of letters and hands), representational momentum tasks (localizing the last seen position of a suddenly vanished moving target) and time-to-contact tasks (estimating the time at which a suddenly vanished target would reach an object lying on its path of motion). This is investigated in a series of comparative studies with two samples of 48 and 22 CP participants and two age-matched control samples. CP designates a heterogeneous group of non-progressive developmental disorders of movement and posture, having as a key unifying feature that it causes persisting and disabling activity limitations. The aims of the dissertation are twofold: (1) Examining the impact of activity limitations on implicit mental imagery, especially of body movements; on dynamic representations underlying representational momentum (RepMom: the forward shift in memory of the last perceived location of a moving target); and on motion extrapolation, assumed to underpin time-to-contact estimation (TTC); (2) Contributing to the ongoing revision of the definition of CP, by shedding light on potential disturbances at the perceptual-representational level secondary to activity limitations, also with a view to potential implications for habilitation.

This investigation builds on previous work by Martins, Oliveira and Amorim (2005) suggesting intact visual and motor imagery in CP participants, but with a comparative slowdown as regards controls. The present studies of mental rotation sought to replicate those findings in a more robust sample, including participants with distinct types of CP and classified as to the severity of their functional impairments. Participants judged whether rotated letters were normal or mirrored, and whether rotated hands (seen from either of two viewpoints: back on plane or palm from wrist) were right

or left hands. Performance on RepMom and TTC tasks has on the other hand been suggested to involve the contribution of mental imagery. In that scenario, a slowdown of mental imagery secondary to activity limitations might be expected to impact on the memory forward shift in RepMom (presumably by reducing its magnitude) and on the extrapolation of the target's motion in TTC (presumably by delaying the target's arrival). The studies conducted with the RepMom and TTC tasks assess these predictions. In the RepMom task, responses involved either the motor localization of the target's last seen position (using a mouse cursor) or a perceptual judgment about the relative location of a probe (same or different position as the vanishing point). Delay between when the target vanished and the time of the response was varied to assess the time course of the localization error. In the TTC task, participants pressed a button to signal the estimated moment at which the target would contact the object. The object was either a rectangle or a human silhouette seen in profile, affording for some degree of body analogy.

CP participants exhibited, just as controls did, the mental rotation effect in the letter rotation task and the MOLA (medial over lateral advantage) effect in the hands task, disclosing an intact visual and motor imagery. The slopes of RT as a function of rotation angle were larger for PC participants in both tasks, which confirmed a general slowdown of mental imagery, not specific to motor imagery. In the RepMom task with motor localization, the forward error was larger in the PC sample (contrary to what an imagery-based account would predict), but it was smaller when only a perceptual judgment was required. Delay imposed on the response only had effects in this last condition, revealing a peak of RepMom occurring later (at a posterior delay) in the PC sample. These findings suggest the deployment by CP participants of embodied compensatory strategies developed from prior experiences with dynamic objects (e.g., interceptive actions). A general underestimation of TTC was found in both CP and control participants, more pronounced among the former (at odds with an imagery-based account). This trend was accentuated in the silhouette condition, and more so in the CP sample. Results were taken to reflect a prime role of anticipatory planning strategies, seemingly embodying the functional properties (latencies included) of the participants' action repertoires.

Overall, action limitations had a slowdown effect on accepted instances of both visual and motor imagery, favoring the thesis of their common origin against the one of dissociation. The qualitative preservation of motor imagery in CP participants supports its potential usefulness for the habilitation of more cognitive aspects of motor behavior. The role of embodied compensatory strategies evidenced in the RepMom and TTC tasks suggests extensive experience with dynamic objects as a significant action habilitation tool by itself.

Keywords: Motor Imagery, Representational Momentum, Time to contact, Mental Rotation, Cerebral palsy

Lista de siglas e acrónimos

B&B – *Block and Box test*

DIFF – Diferenças de TR entre as trajectórias lateral e medial (rotação de mãos)

GMFCS – *Gross Motor Function Classification System*

IM - Imaginaria Mental

IMot - Imaginaria Motora

IV – Imaginaria Visual

MACS – *Manual Ability Classification System*

MomRep – Momento Representacional

PV - Ponto de Vista

TAL – Tipo clínico de PC (*Typology according to Affected Limbs*)

TD - Tipicamente desenvolvidos

TR - Tempo de reacção

TTC – Tempo até ao contacto

Índice

21	Introdução
31	ESTADO DA ARTE
33	1. Imaginaria Mental
34	1.1 Da Imagem Mental
40	1.2 Modalidades de Imaginaria Mental: Imaginaria visual e Motora
40	1.2.1 A Imaginaria Visual
44	1.2.2 A Imaginaria Motora
49	1.3 Imaginaria Mental Implícita: O Paradigma da Rotação Mental
50	1.3.1 A Rotação Mental de Objectos
54	1.3.2 A Rotação Mental de Partes do Corpo
62	1.3.3 A rotação Mental de Objectos Funcionais
64	1.4 Imaginaria Visual <i>vs.</i> Imaginaria Motora: O Debate
67	1.4.1 Processos Independentes
71	1.4.2 Uma Origem Comum
79	1.4.3 Imaginaria Mental em pessoas com constrangimentos motores: Contributo ao Debate
85	1.5 A Imaginaria Mental como Instrumento de Habilitação: O Treino Mental
91	2. Representações dinâmicas da acção: o Momento Representacional
92	2.1 Tempo e Movimento nas Representações Dinâmicas
94	2.1.1 Erros de localização
98	2.2 Momento Representacional
99	2.2.1 O Paradigma
106	2.2.2 Momento Representacional: processo atencional ou automático
108	2.2.3 Factores/Condições que influenciam o MomRep
118	2.2.4 Momento Representacional e Imaginaria Mental

123	3. Circuito Percepção-Ação: o Tempo-até-ao-contacto
124	3.1 Percepção para a acção vs. Percepção para o reconhecimento
134	3.2 Tempo-até-ao-contacto
135	3.2.1 O Paradigma
138	3.2.2 Factores / Estratégias de estimação do TTC
141	3.2.3 Tempo-até-ao-contacto, Imaginaria Mental e Momento Representacional
143	3.3 <i>Embodiment</i> : o corpo que somos
144	3.3.1 A experiência motora: substrato insubstituível?
149	3.3.2 A observação da acção: representação partilhada
155	3.3.3 Percepção de movimentos biológicos complexos

165 **CONTRIBUIÇÕES EMPÍRICAS**

167 **4. Introdução**

167	4.1 Ponto de partida e Objectivos
171	4.2 Método – Secção Geral
174	4.2.1 Caracterização dos grupos amostrais quanto à tipologia clínica dos participantes com PC
176	4.2.2 Classificações de severidade do compromisso funcional dos participantes com PC
178	4.2.3 Outras medidas e instrumentos

183 **5. Rotação Mental**

186	5.1 Experiência 1.1 – Rotação Mental de Letras
186	5.1.1 Método
188	5.1.2 Resultados
202	5.1.3 Discussão: Rotação de Letras
205	5.2 Experiência 1.2 – Rotação Mental de Mãos
205	5.2.1 Método
208	5.2.2 Resultados
223	5.2.3 Discussão: Rotação de Mãos
227	5.2.4 Imaginaria visual e imaginaria motora: Correlações entre indicadores

235	6. Momento Representacional
238	6.1 Hipóteses – Cenários Previsionais
240	6.2 Experiência 2.1 A – Momento Representacional com Localização Motora
240	6.2.1 Método
242	6.2.2 Resultados
249	6.2.3 Discussão
252	6.3 Experiência 2.1 B – Curso Temporal do Momento Representacional com Localização Motora
253	6.3.1 Método
255	6.3.2 Resultados
259	6.3.3 Discussão
263	6.4 Experiência 2.2 A – Momento Representacional com Sonda Mnésica
264	6.4.1 Método
266	6.4.2 Resultados
271	6.4.3 Discussão
273	6.5 Experiência 2.2 B – Curso Temporal Do Momento Representacional com Sonda Mnésica
273	6.5.1 Método
275	6.5.2 Resultados
279	6.5.3 Discussão
280	6.6 Discussão Geral do Capítulo
289	7. Tempo-até-ao-Contacto
292	7.1 Experiência 3 – Tempo-até-ao-contacto
292	7.1.1 Método
294	7.1.2 Resultados
308	7.1.3 Discussão
315	Discussão Geral
329	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introdução

O estudo das representações motoras tem vindo a ocupar, progressivamente, um lugar central na compreensão do circuito percepção-acção e nas teorias da “cognição incorporada” - *Embodied Cognition* (Amorim, Isableu, & Jarraya, 2006; Barsalou, 2010; Clark, 2011; Gibbs, 2006; Lakoff & Johnson, 1999; Prinz, 2002; Richardson & Flash, 2000; Shapiro, 2011).

Um largo número de paradigmas de Imaginaria Mental¹ (IM) forneceu evidências da incorporação de propriedades cinemáticas da acção real na acção simulada que têm sido encontradas desde a sua duração (Decety, 1998), às formas de compromisso velocidade-precisão (e.g., lei de Fitts, 1954; Stevens, 2005), e relação com a optimização postural (Rosenbaum, Ziegler, Winocur, Grady, & Moscovitch, 2004). Do ponto de vista experimental vários estudos realizados em indivíduos tipicamente desenvolvidos (TD), com recurso a tarefas de cronometria mental, mostraram que existe um paralelismo marcado entre a IM e a execução motora, nomeadamente na equivalência entre o tempo necessário para completar mentalmente um movimento, e o tempo necessário para executar o acto motor correspondente (Crammond, 1997; Jeannerod, 1994; Jeannerod & Frak, 1999). A análise cronométrica no estudo das rotações mentais,

¹ No presente texto recorreremos à expressão imaginaria, à semelhança da opção realizada anteriormente (Martins, Oliveira, & Amorim, 2006) num exercício de liberdade de tradução, para designar o conceito de Mental Imagery, definida como o “uso de todos os sentidos para recriar ou criar uma experiência na mente” (Vealey & Walter, 1993, p. 201). O termo imaginaria motora reporta-se, classicamente, à representação explícita ou consciente de uma acção, incluindo também, este conceito, outros aspectos do mesmo fenómeno, implícitos ou inconscientes (Jeannerod & Frak, 1999), referindo-se a imaginaria visual ao processo de visualizar objectos não-corporais ou partes do corpo (estáticas ou em movimento) sem simular os aspectos quinestésicos desse movimento (Guillot & Collet, 2010; Jeannerod & Decety, 1995).

em investigações que se debruçaram sobre a rotação mental de objectos (Shepard & Metzler, 1971) e partes do corpo (Parsons, 1994, 2001; Lafleur, Jackson, Richards, Malouin, & Doyon, 2002; Mulder, 2004; Petit, Pegna, Mayer, & Hauert, 2003; Rumiati, Tomasino, Vorano, Umiltà, & De Luca, 2001; Schwoebel, Boronat, & Coslett, 2002), tem revelado que, em pessoas TD, o tempo de resposta em tarefas de rotação mental aumenta de forma análoga ao tempo despendido na rotação física, i.e., a rotação efectiva, sugerindo a influência dos constrangimentos articulatorios do corpo na simulação mental da acção.

Um contributo fundamental foi o reconhecimento da existência de uma imaginaria motora (IMot), com um estatuto comparável ao da imaginaria visual (IV). Os trabalhos de Parsons (1994, 2001) sugeriram o envolvimento dos mesmos mecanismos que suportam a execução motora, com os seus constrangimentos biomecânicos específicos, em tarefas que apenas requerem a simulação mental da acção. Esta hipótese viria a ser reforçada pela evidência neuroanatômica de forte sobreposição das estruturas corticais envolvidas na execução e simulação de movimentos (Gerardin et al., 2000; Jeannerod, 1994, 1999; Jeannerod & Frak, 1999; Stephan et al., 1995), corroborando a partilha de substratos neurológicos comuns entre a realização de acções motoras e a sua imaginação (Decety, 1998; Kosslyn, Ganis & Thompson, 2001).

Algumas correntes (Amorim, 2010; Grosjean, Shiffar, & Knoblich, 2007; Kosslyn, DiGirolamo, Thompson, & Alpert, 1998; Jeannerod, 2006; Markham & Greenough, 2004; Noë, 2004; Wexler & Klam, 2001) têm vindo a apontar para uma defesa, cada vez mais suportada, da importância da motricidade e da acção motora na percepção e representação das transformações espaciais, reforçando o paradigma da equivalência funcional entre os domínios físico e mental. Mesmo os pensamentos abstractos têm mostrado depender da forma como as pessoas interagem com o ambiente com recurso à subjectividade de um corpo que se possui (Casasanto, 2014) e se faz, de forma inegável, omnipresente.

A IMot parece oferecer um quadro favorável ao estudo das representações mentais em pessoas com alterações motoras: há estudos anteriores da sua utilização em pessoas com doença de Parkinson (Dominey, Decety, Broussolle, Chazot & Jeannerod, 1995; Jeannerod & Decety, 1995), congenitamente privadas de um membro (Funk & Brugger, 2008), amputadas (Nico, Daprati, Rigal, Parsons, & Sirigu, 2004), com dor crónica unilateral (Schwoebel et al., 2002), com distonia focal da mão (Fiorio, Tinazzi, & Aglioti, 2006) ou com hemiplegias pós-traumáticas (Johnson-Frey, 2004). A IMot

poderá constituir uma forma de acesso privilegiado à fenomenologia motora, no caso da Paralisia Cerebral (PC). Definida, essencialmente, como uma alteração persistente do desenvolvimento do movimento e da postura (Rosenbaum, Paneth, Leviton, Goldstein, & Bax, 2007), a PC é a situação neurológica motora mais prevalente na infância, sendo o diagnóstico definitivo realizado até aos cinco anos de idade (Bax, Goldstein, Resenbaum, Leviton, & Paneth, 2005; Rosenbaum et al., 2007)². Descreve um grupo de desordens permanentes causadas por uma lesão encefálica precoce, não evolutiva, de origem fetal ou infantil, que resulta num espectro de desordens motoras, caracterizadas essencialmente por disfunção motora (Rosenbaum et al., 2007), sendo a incidência da PC, actualmente, considerada, em termos internacionais, um indicador da qualidade de prestação de serviços neonatais (Andrada, Folha, Gouveia, Calado & Virella, 2009).

O conceito de disfunção, relativa ao desenvolvimento típico do movimento e da postura, associada a limitações ao nível da função e da actividade, é fundamental na concepção e definição de PC, na medida em que distingue esta condição das lesões cerebrais adquiridas. As perturbações sensoriais e perceptivas associadas podem implicar, igualmente, limitações ao nível da interpretação de informações sensoriais e/ou cognitivas em consequência de distúrbios primários, atribuídos à própria condição de PC ou a distúrbios secundários, em consequência de limitações de actividades que implicam a aprendizagem e o desenvolvimento de experiências sensoriomotoras, perceptivas e cognitivas (Rosenbaum et al., 2007). Apesar de a recomendação da Academia Americana de Neurologia ser a obtenção de resultados de neuroimagem em todas as crianças com PC (Ashwal et al., 2004), as correlações entre estudos de neuroimagem e a manifestação clínica em PC têm-se revelado muito fracas. No entanto, uma caracterização das pessoas com PC revela-se necessária tanto em termos clínicos como de investigação.

A relação entre a dificuldade motora e o desempenho perceptivo-motor das pessoas com PC não se encontra bem documentada e deriva, frequentemente, de observações de quem intervém junto desta população (Martins & Leitão, 2012). As desordens do movimento, a mobilidade restrita, características da PC, limitam, incontornavelmente, as experiências motoras da criança, o que exige o recurso a estratégias compensatórias de intervenção. Noções perceptivas e funções visuomotoras têm sido

² Alguns autores, no entanto, propõem que o diagnóstico deve ser realizado nos dois primeiros anos de vida; no entanto, adoptamos a definição mais recente que prevê a idade de cinco anos.

reportadas mais frequentemente como estando comprometidas em crianças com PC, quando comparadas com outras crianças TD (Duckman, 1987; Martins, Oliveira, & Amorim, 2005; Rodrigues, 1989).

Uma questão largamente debatida, mas ainda em aberto, tem sido a das relações entre as imaginarias motora e visual, com autores que defendem a sua dissociação (Sirigu & Duhamel, 2001) e outros a advogar uma origem motora comum (Wexler, Kosslyn & Berthoz, 1998). Estudos anteriores sugeriram que pessoas com PC revelam capacidade de envolvimento em IMot, revelando, no entanto, compromisso nas habilidades de planeamento motor (Steenbergen et al., 2009) e uma lentificação da IM (Martins et al., 2005). De modo directamente associado a esta questão, tem sido promovido o debate relativo à modalidade de IM em que as pessoas com PC se envolvem (IMot ou IV) quando realizam tarefas de IM (Martins et al., 2005; Steenbergen, van Nimwegen, & Crajé, 2007).

Uma das motivações para o conjunto de estudos aqui desenvolvidos remonta a um trabalho anterior que comparou o desempenho de pessoas com PC e de pessoas TD, em tarefas de rotação mental de Letras e de Mãos (Martins et al., 2005). Concluía-se, então, que pessoas com PC têm capacidade de envolvimento em imaginaria motora (IMot), enquanto avaliada pela rotação mental de mãos. Esta capacidade revelou-se qualitativamente semelhante à que era evidenciada pelos participantes Controlo, relativamente à representação dos constrangimentos biomecânicos do movimento das mãos, de forma opoente a resultados posteriores em pessoas com hemiplegias (Steenbergen et al., 2007). Nesse estudo, que nos serve de ponto de partida, as diferenças significativas ao nível da velocidade de transformação mental entre os participantes com PC e Controlo, sugeriu uma lentificação geral da imaginaria, visual e motora, no grupo PC. Correlações positivas significativas, então encontradas nos participantes com PC, entre a velocidade de transformação na rotação de letras e na rotação de mãos favoreceram a tese de uma partilha de processos que subjazem à IMot e IV (Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998; Wohlschlager & Wohlschlager, 1998).

Esta constatação de capacidade de IMot em pessoas com PC, suportada por estudos de sucesso na aplicação de práticas de IMot junto de outras populações clínicas (Dominey et al., 1995; Funk & Brugger, 2008; Johnson-Frey, 2004; Malouin & Richards, 2013; Nico et al., 2004) inspirou a possibilidade do potencial de aplicação da IM na habilitação da função motora em pessoas com PC.

Adicionalmente, a lentificação geral da IM encontrada sublinhou a influência das representações motoras em tarefas de rotação mental e suscitou o debate sobre o eventual envolvimento mais generalizado da representação motora em todo o tipo de rotação mental. O estudo da rotação mental de partes do corpo revelou que os mesmos constrangimentos biomecânicos que afectam a rotação real, por exemplo, de uma mão, manifestam-se na sua rotação imaginada sob a forma de um paralelismo entre o tempo despendido na execução real e na simples imaginação do movimento. Estes resultados, apoiados por dados imagiológicos, sugerem que o acto de imaginar um movimento corporal envolve não apenas representações visuais, mas também motoras. Esta é uma questão de elevado interesse para a compreensão das implicações no desenvolvimento de crianças, da privação de experiências activas de exploração autónoma do mundo.

Estas observações (Martins et al., 2005) permitiram defender que a percepção visuoespacial constitui um fenómeno não abstracto e “descorporalizado”, mas moldado pela acção e pelos constrangimentos impostos pela própria acção (Coello, 2005). Isto sugere claramente a existência de uma relação corpo-cérebro com envolvimento das estruturas dos sistemas visual e motor.

Os resultados da comparação entre os desempenhos na velocidade de rotação mental de letras e os tempos de reacção (TR) na tarefa de rotação mental de mãos reforçavam, ainda, a reconsideração do lugar das perturbações da percepção e da espacialidade no âmbito da definição de PC, então em revisão (Bax et al., 2005) face à sua definição clássica e mais exclusiva como “desordem do movimento e da postura” (Bax, 1964), até então em vigor. A necessidade e relevância clínica de uma classificação actualizada de PC deram origem à reformulação da conceptualização da PC, associando, às perturbações da postura e do movimento que a caracterizam, alterações da função perceptiva (Bax et al., 2005; Esben, 2003; Rosenbaum et al., 2007), designadamente os que resultam secundariamente das “limitações da actividade” contempladas pela Classificação Internacional de Funcionalidade - CIF - (*World Health Organization*, 2001). Esta tomada de consciência de que a função cognitiva da percepção poderia apresentar-se alterada, como o saber empírico vinha já detectando, constitui um dado essencial quando nos reportamos ao processo de desenvolvimento global desta população.

A classificação da PC encontra-se, igualmente, a ser revista, na sequência de um esforço a nível internacional no sentido da uniformização das classificações (à semelhança do que acontece com as escalas da função motora global e da funcionalidade

bimanual), pretendendo, desta forma, a comparação com grandes casuísticas de instituições de vários países. Mudanças de paradigma recentes na comunidade internacional têm transferido a atenção sobre a doença e a sua vertente clínica para um destaque superior à dimensão social e sistémica, com maior ênfase na identificação do impacto funcional no indivíduo. Esta mudança resultou no desenvolvimento de novos modelos de classificação, instrumentos de avaliação funcionais e intervenções com destaque para a dualidade pessoa-ambiente, alargando, o espectro das implicações na actividade e participação da pessoa com PC (Mancini, 2011; Rosenbaum et al., 2007; *World Health Organization*, 2001).

Um dos objectivos deste trabalho assenta na replicação da análise comparativa da rotação mental de mãos e letras em participantes com PC e participantes Controlo, incrementando o estudo inicial com uma comparação do desempenho de subgrupos PC, em função da tipologia clínica e topográfica e da gravidade da função motora, bem como de medidas adicionais de vivacidade da IM.

O tratamento das representações dinâmicas, à luz do conceito de representação análoga, coloca em destaque o interesse do estudo do papel da motricidade também no fenómeno concreto do Momento Representacional (MomRep), i.e., a memória desfasada para a frente da última posição de um alvo desaparecido (Freyd & Finke, 1984), como resultado da interpretação de uma internalização de momento físico. A relação defendida entre a IM e o MomRep (Munger, Solberg, & Horrocks, 1999a), reforçada por evidências imagiológicas (Amorim, Lang, Lindinger, Mayer, Deecke, & Berthoz, 2000) fundamenta o interesse no padrão de desempenho de pessoas com PC (com lentificação na IM já comprovada) em tarefas desta natureza. Por outro lado, as afinidades encontradas entre este erro de desfasamento e aquele que é encontrado em tarefas de *time-to-contact* (TTC, Gray & Thornton, 2001), a par do envolvimento de processos de planeamento motor em resposta a aproximação de obstáculos aversivos (Billington, Wilkie, Field, & Wann, 2011; Coull, Vidal, Goulon, Nazarian, & Craig, 2008) reforçam, de forma decorrente, o interesse desta análise articulada e a inclusão do estudo do desempenho de pessoas com PC em tarefas que envolvem este paradigma.

Tem sido defendido o papel do MomRep e da “extrapolação do movimento” na compensação do “atraso neural” da percepção (Nijhawan, 2004, 2008), implicando, desta forma, uma articulação próxima da percepção com a acção (Ehrenstein, 2003; Hubbard, 2006; Marinovic, Plooy & Arnold, 2012). Uma “reinterpretação” recente do MomRep (White, 2012) defende que o que determina as decisões face à última

posição de um alvo desaparecido pode residir numa planificação motora de acções, ou na antecipação da intercepção do alvo. Esta leitura do paradigma veio reforçar a importância da experiência subjectiva e das *acções sobre objectos* neste fenómeno.

Sendo o MomRep (Freyd & Finke, 1984) um fenómeno privilegiado no capítulo das *Representações Dinâmicas* (Freyd, 1987) e dadas as relações já referidas, um impacto dos constrangimentos motores associados à PC no MomRep poderá fortalecer a compreensão dos défices comparativos das pessoas com PC, por um lado e das interpretações (mais perceptivas ou motoras) associadas ao erro de deslocamento (Jordan, Stork, Knuf, Kerzel & Müsseler, 2002; Jordan & Knoblich, 2004), por outro, para o qual poderá contribuir a manipulação do tipo de resposta aqui introduzida: localização motora *vs.* julgamento perceptivo.

O estudo de pessoas com PC tem procurado dar contributos importantes à compreensão da possível influência das limitações motoras na organização cognitiva do espaço trazendo resultados com potencial de aplicação prática ao nível da habilitação motora e funcional (Martins et al., 2006; Rodrigues, 1989; Steenbergen et al., 2007). Dada a especificidade desta condição motora, que implica limitações severas na autonomia do movimento, específicas e de origem precoce, a investigação com esta população traz, não raramente, dificuldades de ordem diversa, que se prendem com as circunstâncias motoras e os condicionamentos na actividade e participação. Acrescidamente, as desordens neuromotoras de um quadro de PC raramente são encontradas na sua forma pura (Zabalia, 2002), dependendo da localização da lesão e da severidade da dificuldade motora, o que dificulta a classificação dos grupos amostrais.

É com alicerce numa discussão que problematiza o *embodiment* no caso específico das pessoas com PC que a presente dissertação se desenvolve, bem como em torno das concepções de IM, para as quais a literatura e as investigações anteriores apontam, e das questões que têm sido deixadas em aberto, desaguando numa conciliação com os resultados empíricos, agora encontrados.

Numa perspectiva integrada e abrangente, os estudos aqui apresentados tentam estabelecer pontes entre a IM e a percepção de eventos dinâmicos, no sentido do alargamento a uma compreensão mais fundamentada do ciclo percepção-acção em pessoas com um quadro clínico de PC e, num espectro mais ampliado, da cognição incorporada no seu desempenho. Pretende contribuir, em parte, para a defesa da recente inclusão na definição de PC de perturbações da percepção e da espacialidade como integrantes desta condição motora (Rosenbaum et al., 2007) e para a discussão

da utilidade de estratégias cognitivo-perceptivas na intervenção junto desta população. Um objectivo reside exactamente no potencial de aplicação prática que a interpretação dos resultados pode trazer ao estabelecimento de práticas de habilitação da função motora e sensoriomotora junto de pessoas com PC, e nas quais pode compreender-se a implementação de estratégias de IMot. Independentemente da vasta quantidade de pesquisa que tem, indubitavelmente, acrescentado conhecimento valioso a este campo, há aspectos que ainda não se encontram claramente entendidos, mantendo-se, portanto, todo o enquadramento deste trabalho, um foco de debate.

Esta dissertação encontra-se organizada em duas secções principais: na primeira, realiza-se uma revisão da literatura existente e na segunda expõem-se e justificam-se as opções metodológicas tomadas e apresentam-se os contributos empíricos resultantes da investigação realizada.

Num primeiro capítulo, de enquadramento teórico, expõe-se o conceito de IM como quadro de referência, com revisão e discussão de diferentes tipos de paradigmas e métodos de avaliação utilizados para estudar este processo. A discussão sobre o envolvimento de representações motoras *vs.* representações visuais, na IM de movimentos corporais, merecerá também uma abordagem com particular destaque para as tarefas de rotação mental, como paradigma privilegiado no estudo da IM, bem como para os mecanismos mentais subjacentes.

O segundo capítulo aborda as representações mentais dinâmicas, especificamente o MomRep, partindo da analogia defendida entre o MomRep e o momento físico, nomeadamente fundamentada em análogos representacionais com invariantes físicos e do MomRep com os processos de IM. São expostos factores que têm revelado determinar a magnitude do MomRep, bem como as estratégias encetadas pelos participantes na resolução das tarefas.

Um terceiro capítulo teórico trata das relações entre a percepção e a acção, partindo da oposição clássica (*percepção-para-a-acção vs. percepção-para-o-reconhecimento*) que vem alimentando esta problemática, com particular atenção para as implicações em pessoas com PC. Esta secção fornecerá ainda, um olhar sobre as investigações que têm sido desenvolvidas em termos comportamentais e neurofisiológicos e que servem de fundamento às posições concorrentes. É introduzido o paradigma TTC e as interpretações explicativas suportadas na invocação de uma modalidade de imaginaria de

prolongamento da trajetória do alvo, entretanto desaparecido, partindo da representação das propriedades do seu movimento ou do impacto das experiências subjectivas, desaguando na discussão do *embodiment* e do seu papel transversal a todos os paradigmas expostos.

Os contributos empíricos são apresentados numa secção experimental que inclui os estudos desenvolvidos, recorrendo aos três paradigmas mencionados: Rotação Mental, MomRep e TTC. Uma secção inicial apresenta aspectos comuns aos três estudos ao nível das amostras e sua caracterização e procedimentos gerais e instrumentos de classificação utilizados.

No capítulo V pertencente à secção experimental, apresenta-se a replicação do estudo comparativo da rotação mental (Martins et al., 2005) que pretendia, já, responder à questão relativa à influência que limitações biomecânicas particulares, como as que apresentam pessoas com PC, poderão ter na simulação mental do movimento. Especificamente, e de forma a controlar algumas limitações do trabalho anterior, a replicação deste estudo foi efectuada com recurso a uma amostra de dimensão superior e com uma representação mais equilibrada dos tipos clínicos, avaliando também efeitos da gravidade da função motora global e manual e da vivacidade da IM. Analisa-se, num quadro comparativo entre os dois grupos de participantes, a importância das vivências motoras no pensamento abstracto, através da análise do padrão de resposta em tarefas de IM implícita e do tipo de estratégias encetadas: de origem motora ou visual.

O capítulo VI compara participantes com PC e Controlo em três experiências de MomRep partindo da sua interpretação como um análogo do momento físico e das associações sugeridas com a IM. Este estudo pretendeu comparar a magnitude do erro de desfasamento entre os grupos, bem como o efeito do tipo de resposta (envolvimento motor *vs.* sonda mnésica) e do curso temporal (avaliado pela imposição de atrasos na resposta dos participantes).

O capítulo VII ocupa-se da comparação entre participantes com PC e Controlo ao nível dos desempenhos numa tarefa de estimativa de TTC com dois obstáculos (marcos intrusivos) - uma silhueta humana e um rectângulo - e, especificamente, na avaliação da influência da natureza do obstáculo neste julgamento: uma condição “corporal” (silhueta humana) e não-corporal (rectângulo).

O capítulo final sintetizará as principais conclusões numa abordagem concertada entre os resultados dos estudos empíricos, e numa leitura substanciada nas investigações existentes sobre a temática. Numa reflexão articulada, serão ponderadas perspectivas

futuras e realizada uma avaliação dos contributos e limitações do trabalho desenvolvido.

ESTADO DA ARTE

1. Imaginaria Mental

*All right,' said the Cat; and this time it vanished quite slowly, beginning with the end of the tail,
and ending with the grin, which remained some time after the rest of it had gone.
'Well! I've often seen a cat without a grin,' thought Alice; 'but a grin without a cat!
It's the most curious thing I ever saw in my life!'*
Carrol (2011, p. 28)

Poderemos solicitar ao leitor que imagine uma paisagem de mar de um fim de tarde, a sensação de correr na areia, ou mesmo o som de fundo que envolve essa paisagem. Fá-lo-á, certamente, sem dificuldades constituindo uma experiência já vivenciada, podendo constatar quão surpreendente é a sua capacidade de representação interna. As diferentes imagens sugeridas podem convocar representações de ordem mais visual, mais motora ou auditiva. Todas têm em comum o envolvimento de uma imagem mental no momento em que é solicitada. Entende-se por Imagem Mental a “invenção ou recriação mental de uma qualquer experiência que, pelo menos em certos aspectos, se assemelha a uma experiência ou evento efectivamente percebidos, seja em conjunção estimulação sensorial directa ou na sua ausência” (Finke, 1989, p. 2). Deriva, assim, de uma construção pessoal assente na experiência subjectiva e apesar de remeter para uma realidade física, terá sempre de ser entendida como uma representação, um universo paralelo que a retrata. A sua geração é convocada quando se apela para uma realidade que não está presente, que pode transportar vivências com carga emocional, e que nos levam ao que não está, ou seja, às coisas ausentes de Valéry³.

³ "O homem inventou o poder das coisas ausentes, pelo que se tornou poderoso e miserável. Mas, finalmente, e só por causa delas é que é homem" (Valéry, citado por Dantas, 2009, p. 11).

Podem ser convocadas, em termos informais, sem planeamento ou consciência da pessoa, ou desencadeadas através, por exemplo, de treino mental (e.g., Dijkerman et al., 2010; Sharma et al., 2006), de que falaremos adiante, ou meditação (Davidson, 2008).

1.1 DA IMAGEM MENTAL

*Às vezes o nome de um objecto substitui uma imagem.
Uma palavra pode tomar o lugar de um objecto na realidade.
Uma imagem pode tomar o lugar de uma palavra numa proposição.*

Foucault (2008, p. 50)

*Vou contar-te a história de um poeta do começo do século.
Estava muito velho e era o seu secretário que o levava a passear.
Um dia, disse-lhe: “Levante a cabeça, Mestre, e veja! É o primeiro aeroplano a passar sobre a cidade!”
“Posso imaginá-lo muito bem”, respondeu o Mestre, sem levantar os olhos.
Ora muito bem! Eu também posso imaginar Palermo.*

Kundera (1983, p. 174)

Entre 1928 e 1929, René Magritte produziu uma série de pinturas que intitulou *La Trahison des Images* (A Traição das Imagens). A mais famosa, *Ceci n'est pas une Pipe* (Isto não é um Cachimbo), gerou polémica pelo aparente contra-senso e paradoxo: apresenta-se um quadro com um desenho de um cachimbo e afirma-se que não se trata de um cachimbo. O autor haveria de dizer não entender a censura que lhe foi dirigida porque se, de facto, tivesse dito que se tratava de um cachimbo, aí sim, teria faltado à verdade. No entanto, por se tratar apenas de uma representação, era simplesmente uma remissão a algo que se lhe assemelhava. Será a imagem tão aproximada da realidade, a que se reporta, que se confundiria com esta, causando uma fusão comparável ao entrelaçamento do poeta fingidor (Pessoa, 1942) que Magritte queria evitar?

É na moldura que enquadra a Imagem Mental que surge o conceito de Imaginaria Mental (IM). Refere-se a um tópico na aprendizagem de capacidades, dizendo respeito à representação mental ou recriação de pessoas, objectos ou acontecimentos que não se encontram presentes. A IM foi já descrita (Finke & Freyd, 1994) como experiências

quasi-sensoriais e quasi-perceptivas, que existem na ausência dessas condições estimulares, as que, de facto, produzem experiências sensoriais e perceptivas genuínas. Mais recentemente, tem sido referida como um estado dinâmico no qual o sujeito imagina activamente uma determinada acção, sem a executar realmente (Sirigu & Duhamel, 2001).

A tese da equivalência funcional, suportada pelos estudos de muitos investigadores no domínio da Psicologia Cognitiva, postula que a imagem mental é representada de forma funcionalmente equivalente à dos perceptos físicos. Apesar de não construirmos imagens exactamente idênticas às dos perceptos físicos que representam, construímos imagens que lhes são análogas, sendo as relações espaciais entre os elementos de uma imagem visual, equivalentes às relações estabelecidas no espaço físico (Finke, Pinker & Farah, 1989) através da sua representação pictórica (Rollins, 1989). Estas imagens mentais (sugere-se) podem ser usadas para gerar informações não armazenadas, explicitamente, durante a codificação (Finke, 1989).

Evidência empírica tem sido apresentada ao longo dos anos. Estudos realizados em indivíduos TD, com recurso a tarefas de cronometria mental, mostraram um paralelismo marcado entre a IM e a execução motora, especificamente ao nível de uma similitude entre o tempo para completar mentalmente um movimento e o tempo necessário para executar o acto motor correspondente (Crammond, 1997; Jeannerod, 1994; Jeannerod & Frank, 1999).

As neurociências cognitivas têm aberto um novo capítulo no estudo da IM. Muitos dos processos neuronais que estão na base de percepções da mesma modalidade, sabe-se agora, estão presentes também na IM, que não envolve apenas o sistema motor, mas pode afectar, paralelamente, o corpo, à semelhança da experiência perceptiva efectiva. Investigações neste domínio têm concluído que a IM partilha muita da maquinaria neural da percepção e recorre a mecanismos usados na memória, emoção e controlo motor (Kosslyn et al., 2001), envolvendo estruturas que controlam os processos fisiológicos, como o nível cardíaco, com efeitos semelhantes aos produzidos pelos estímulos perceptivos correspondentes.

Estudos que demonstram uma equivalência entre os correlatos neurofisiológicos detectados durante o processamento do estímulo e os que são encontrados durante a IMot (Kosslyn, 1997; Suchan et al., 2002) têm demonstrado que aproximadamente dois terços da área cerebral total activada durante a percepção e IM são comuns, sendo as áreas parietal e frontal, aquelas às quais se atribui a responsabilidade cortical

da rotação mental.

Um conjunto de estudos imagiológicos, com recurso a técnicas de neuroimagem tem investigado as bases neuronais da IM através de técnicas de Tomografia por Emissão de Positrões (PET - *Positron Emission Tomography*) (Ghaem et al., 1997) e Ressonância magnética funcional (fMRI - *functional Magnetic Resonance Imaging*) (Seurinck, Vingerhoets, de Lange, & Achten, 2004) tendo revelado que o desempenho de uma actividade e a sua imaginação partilham substratos neurais comuns (Decety, 1998; Farah, 1984, 1988, 2002; Luft, Skalej, Stefanou, Klose, & Voigt, 1998). Muitas das regiões activas durante a execução do movimento, como o córtex pré-motor e o córtex parietal, os gânglios da base e o cerebelo activam-se, igualmente, em tarefas de simulação mental (Decety et al., 1997; Stephan et al., 1995). Para além disso, tem sido registada activação de duas redes neurais nos processos de navegação espacial em IM: uma associada à memória de longo prazo (hipocampo, córtex pré-frontal dorsolateral e girus cingulado), outra relacionada com os aspectos dinâmicos da IM, com o envolvimento de regiões do hipocampo e zonas corticais visuoespaciais e sensoriomotoras. Trabalhos com recurso a um paradigma similar (Mellet et al., 2000) mostram envolvimento de zonas corticais parieto-frontais quando as pessoas encetam processos de navegação espacial mental por espaços visitados anteriormente.

Tem sido demonstrado o envolvimento do córtex parietal (especialmente o parietal superior) no processamento mental da informação visuoespacial (Sirigu et al., 1996; Suchan et al., 2001, 2002), nomeadamente na percepção espacial (Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 1997), ganhando evidência crescente o seu contributo nas tarefas de rotação mental. Tem sido enfatizado o facto de a IM (como outras funções cognitivas) não ser uma capacidade indiferenciada, mas um conjunto de capacidades que podem ser independentemente perturbadas (comprometidas), sendo as áreas parietal e frontal, aquelas às quais se atribui a responsabilidade, por exemplo, da rotação mental (Save & Poucet, 2000; Jagaroo, 2004). Vários estudos de imagem funcional com recurso a PET (Alivisatos & Petrides, 1997), EEG (Roberts & Bell, 2000) e fMRI (Seurinck et al., 2004) mostraram activação do lóbulo parietal durante as tarefas de rotação mental.

A referência ao papel do córtex parietal na ideação do movimento não é recente. As lesões ao nível do lobo parietal esquerdo produzem apraxias, uma alteração neuropsicológica que implica um compromisso no movimento na ausência de défices motores ou sensoriais elementares, produzindo dificuldades na produção de movimentos com as mãos, como gestos simbólicos (DeRenzi, Faglioni, & Sorgato, 1982)

ou imitativos que necessitem de ser guiados por representações internas (Clark et al., 1994). As lesões no córtex parietal podem afectar tanto a produção motora como a ideação, uma vez que as pessoas que as apresentam revelam-se também incapazes de reconhecer o significado dos gestos (Sirigu et al., 1995), de prever a duração de um movimento através de simulação mental, contrariamente a indivíduos sem qualquer lesão ou com outras lesões. Comparando movimentos simples e complexos em tarefas de execução e imaginação, um número significativo de focos de activação no córtex parietal (áreas sensorial primária e parietal posterior) foi encontrado em ambas as condições. Os indivíduos com lesões parietais manifestaram dificuldades mais marcadas na imaginação de movimentos complexos do que na imaginação de movimentos mais simples (Sirigu et al., 1996). O envolvimento específico do córtex parietal em movimentos complexos está em linha com anteriores estudos de PET que mostraram que em participantes TD a execução de movimentos sequenciais com os dedos, de complexidade crescente, está associada ao crescimento do sinal metabólico nestas áreas (Catalan, Honda, Weeks, Cohen, & Hallett, 1998). O córtex parietal revelou contribuir, também, para a integração de informações sensoriais em movimentos inacabados e para o recrutamento atencional associado a movimentos complexos (Jenkins, Brooks, Nixon, Frackowiak, & Passingham, 1994). Com recurso a diferentes tarefas motoras manuais, Sirigu et al. (1996) demonstraram que a alteração verificada nos pacientes com lesão no córtex parietal situa-se ao nível da representação interna das sinergias motoras manuais aprendidas. O córtex parietal, desempenharia um papel crucial na geração de imagens mentais motoras (Sirigu et al., 1996) o que parecia evidenciar, a nível anatómico, a existência de áreas (dentro do lobo parietal) especialmente dedicadas à IM.

Foi encontrada activação no córtex visual superior durante tarefas de imaginação visual (Roland & Friberg, 1985) e de processamento de informação visuoespacial (Suchan et al., 2002) e activação do córtex motor durante a ideação de um movimento (Leonardo et al., 1995). Jeannerod e Decety (1995) encontraram evidências do envolvimento de circuito similar na execução e imaginação de uma tarefa motora. Estudos neuropsicológicos que mostram que as tarefas motoras podem ser treinadas por imaginação suportam este pressuposto. Luft et al. (1998) desenvolveram uma situação experimental da qual concluíram que a IM e o movimento partilham um circuito cerebelar comum, com o cerebelo a desempenhar um papel importante na execução, bem como na pré-execução, ou seja, na programação motora.

Tem sido levantada a questão relativa à natureza da representação da imagem: analógica ou proposicional? Ainda que se mantenha contemporâneo e actual, o debate não é recente, encontrando-se defensores em concepções opostas. A questão reside, de forma muito directa, na natureza da representação da informação no sistema cognitivo: serão as imagens representadas de forma análoga, como se de uma fotografia na mente se tratassem, ou de forma descritiva, como proposições numa linguagem sintáctica? A ancoragem da imagem, num formato de representação analógica (pictórica) foi, historicamente, estudada no âmbito das imagens mentais, por autores como Pylyshyn (1981, 2002), Kosslyn, Ganis e Thompson (2006) ou Paivio (2007). A IM tem sido considerada, por uma das correntes como um processo amodal, inseparável de outros tipos de actividade proposicional (Pylyshyn, 1981, 2002). Esta posição reflecte a ideia de que todo o conhecimento, independentemente da modalidade da sua fonte, pode ser expresso numa forma de pensamento abstracta e amodal, não havendo, assim, diferenças significativas na representação das informações (verbais ou perceptivas) na memória. Para Pylyshyn (1981, 2003) a existência de um código de representação de natureza proposicional seria económico, possibilitando a tradução directa das informações sensoriais neste modo. As propriedades dos objectos seriam codificadas pelas pessoas sob a forma de conhecimentos implícitos de natureza proposicional.

Este modelo (proposicionalista), apesar de descrever convenientemente um certo tipo de funcionamento cognitivo, revela-se insuficiente no acesso a determinadas informações. Kosslyn et al. (2006) surgem na defesa de uma concepção alternativa: o tipo de representação analógica, que sugere a existência de dois códigos na actividade mental, sendo o código de representação das imagens mentais diferente do da representação de proposições linguísticas. As imagens mentais são representações analógicas (análogas) ou pictóricas dos objectos ou acontecimentos, em oposição à natureza simbólica discreta das representações linguísticas (Kosslyn et al., 2006). As semelhanças entre a simulação mental e o treino real, em termos de consequências, têm reforçado o carácter analógico da representação mental, com preservação das propriedades métricas do espaço.

Segundo a perspectiva proposicionalista, a função característica da rotação mental seria explicada pelo conhecimento implícito de que o sujeito dispõe sobre o fenómeno dos objectos (rotação física ou outro movimento) e não por propriedades de uma representação analógica. Esta constitui, a nosso ver, a mais significativa diferença entre as duas abordagens: a referência analógica conserva o isomorfismo entre os objectos

e a sua representação, enquanto na representação proposicional a relação entre significante e significado é arbitrária.

A imagem de um objecto reflecte, na sua estrutura, a organização interna da experiência perceptiva com esse objecto. Esta analogia ao nível da aparência encontra prolongamento na analogia com os processos desenvolvidos durante a actividade perceptiva e a actividade imaginativa. As imagens sugerem ser objecto de tratamento similar ao que se aplica aos estímulos físicos presentes no campo perceptivo. As imagens visuais possuem propriedades funcionais e propriedades estruturais que as tornam reflectores autênticos, no plano cognitivo, de características especiais dos objectos que evocam (Denis, 1989). Os mecanismos que processam a imagem parecem estabelecer um parentesco estreito com os que tratam a informação perceptiva. A investigação tem encontrado evidências e trazido argumentos, muito bem suportados, a favor da partilha de mecanismos de tratamento entre a informação perceptiva e imaginativa, o que pode explicar alguns aspectos funcionais da imagem (Denis, 1989). A imagem poderá assegurar, neste registo, uma função de “pré-traitement” (Denis, 1989, p. 101) de informação (detecção perceptiva, preparação para recuperação de informação) ganhando, assim, um valor adaptativo.

1.2 MODALIDADES DE IMAGINARIA MENTAL: IMAGINARIA VISUAL E MOTORA

1.2.1 A IMAGINARIA VISUAL

O olho é a janela do corpo humano pela qual abre os caminhos e se deleita com a beleza do mundo.

... Ora, não percebeis que com os olhos alcançais toda a beleza do mundo?

Leonardo Da Vinci (1452-1519)

L'imagination est l'oeil de l'âme

Joseph Joubert (1754-1824)

A Imaginaria Visual (IV) tem sido, como referido, uma das modalidades mais estudadas da IM, sendo definida como a representação da informação perceptiva na ausência de *input* visual (Kaski, 2002), referindo-se à faculdade através da qual pode revisualizar-se um item com recurso à memória (Bartolomeo, 2002).

A maioria dos estudos sobre IV tem assento na psicologia cognitiva. Os avanços nas técnicas de neuroimagem, nomeadamente, PET e fMRI, têm demonstrado que muitos dos processos e estratégias envolvidos na percepção visual desempenham um papel-chave na IV (Kosslyn, Ganis, & Thompson, 2001; Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998).

Kosslyn, Ball e Reiser (1978) reportaram que o tempo estimado como necessário para um trajecto era similar ao que era gasto para a realização do percurso real e que as pessoas referiam que durante a tarefa de simulação mental, se imaginavam a movimentar-se. Num estudo que pretendia testar, experimentalmente, a assunção do mental *scanning* era mostrado aos participantes o mapa de uma ilha imaginária com vários pontos de referência (Figura 1). Posteriormente era-lhes solicitado que, mentalmente, descobrissem a localização de alguns pontos. Os resultados concluíram a favor da existência de uma relação linear, quase perfeita, entre as distâncias que separavam pares sucessivos de objectos no mapa mental e a quantidade de tempo necessário para encontrar a localização dos objectos. Os resultados sugeriram que as pessoas teriam codificado o mapa sob a forma de imagem, perscrutando-a quando era necessária uma resposta (Kosslyn et al., 1978).

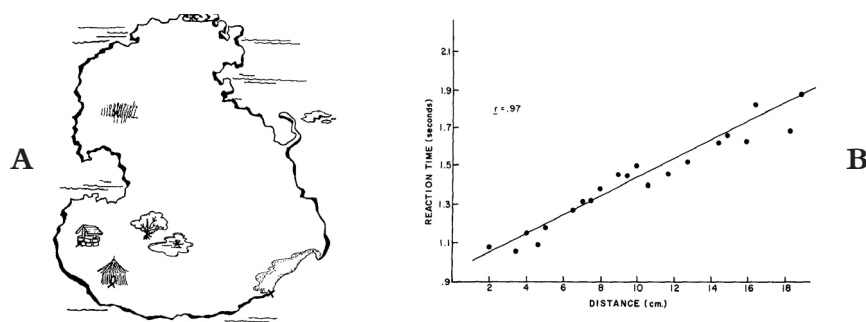


Figura 1. A: Mapa da Ilha usado nas experiências de mental *scanning* (Kosslyn et al., 1978, p. 51); **B:** Tempo de reacção (TR) em função da distância, no mesmo estudo.

Kosslyn (1994) defende que dentro do sistema visual existe um *buffer* visual que mantém representações visuais constantemente activadas. A informação pode entrar no *buffer* através de estímulos sensoriais (percepção) ou através da memória (IM). Seguidamente, a informação é processada de forma equivalente, independentemente da origem. A imagem é, assim, uma representação visual de curto termo que representa informação espacial na ausência do *input* sensorial imediato e é tratada pelo sistema visual como se emergisse da percepção directa (Farah, 1985). Não negando a existência em memória de longo termo de unidades ou organizações mais abstractas, Kosslyn et al. (2006) defende que esta memória-tampão dá às representações imaginadas a sua propriedade analógica, funcionando como um espaço euclidiano a duas dimensões. As imagens são representadas, na mente, num limbo específico, o visual *buffer*. O visual *buffer* retiraria as suas propriedades da percepção visual com a qual partilha estruturas neuronais, funcionando como um interface, recebendo informações provenientes do sistema visual e da memória de longo termo. A hipótese de que a actividade perceptiva e a IM se inscrevem no mesmo registo de tratamento (o visual *buffer* da teoria de Kosslyn, 1994) é sustentada por trabalhos que salientam as interacções funcionais entre as duas actividades, cuja evidência sugere marcadamente a ideia do substrato neural comum às duas famílias de actividade (Denis, 1989; Kosslyn et al., 2001; Suchan et al., 2002).

A imaginação de uma cena tem revelado facilitar o reconhecimento de objectos em itens semanticamente relacionados com a cena imaginada (Blakemore, Wolpert, & Frith, 2002), tendo sido, igualmente, mostrado que a imaginação de um contexto facilita a realização de julgamentos a respeito de padrões visuais (Freyd & Finke, 1984). Estes estudos, que revelaram que a formação de uma imagem facilita ou inibe a

percepção visual, sugerem os efeitos de interferência entre os dois processos, logo a interação entre eles. Os modelos da equivalência percepção-imaginária foram motivados, originalmente, pela evidência empírica da interação entre a percepção e IV trazidas pela psicologia experimental como o Perky Effect (cf. Bartolomeo, 2002; Brockmole, et al., 2002) e, posteriormente, pelos resultados das experiências de Shepard e Metzler (1971). Numa das demonstrações a montante da interação imagem-perceptos, Perky (1910, citado por Richardson, 2003) mostrou que, enquanto imaginavam intencionalmente um objecto, os participantes revelavam-se menos capazes de detectar uma breve apresentação visual desse mesmo objecto, quando comparativamente a casos em que a IM seria ausente. Réplicas mais actuais do Perky Effect (Craver-Lemley, Arterberry, & Reeves, 1999) têm, repetidamente, mostrado que a detecção e discriminação visuais são perturbadas pela IV.

Os dados comportamentais, que sugerem que as representações baseadas nas imagens e apoiadas nos perceptos partilham estruturas comuns, são complementados por investigações que têm revelado que a IV assenta nos mesmos mecanismos neuronais da percepção visual e gera padrões similares de activação neural.

Embora a imaginação visual não seja idêntica à percepção visual, são funcionalmente equivalentes (Farah, 1988; Finke, Pinker & Farah, 1989). Durante tarefas de IV (Roland & Friberg, 1985) e de processamento de informação visuoespacial (Suchan et al., 2002) foi encontrada activação no córtex visual superior. A IV revela-se, assim, funcionalmente equivalente à percepção visual em termos dos processos do sistema visual usados, envolvendo, grosseiramente, as mesmas áreas cerebrais e reforçando a tese de Kosslyn et al. (2001), segundo a qual a IV baseia-se em imagens verdadeiras.

Argumentando que não se poderia obter uma resposta satisfatória à questão relativa ao envolvimento da activação das áreas do córtex primário na IV através de estudos de PET em participantes TD (estes trabalhos dariam apenas indicação de que áreas são activadas durante a IM mas não forneceria evidência conclusiva relativa ao carácter imprescindível da activação naquelas áreas para a IM), Moscovitch, Behrmann e Winocur (1994) propuseram que a resposta a esta questão só seria possível através do estudo de pessoas com lesões cerebrais específicas. Nesse sentido, através da estimulação magnética transcraniana (que gera lesões temporárias reversíveis), pôde ser demonstrado que a estimulação magnética do córtex occipital medial produzia um declínio na capacidade de IV (que corresponderia a uma activação da área 17 durante a tarefa, conforme revelado por PET). Lesões ao nível do córtex visual primário, bem como

ao nível dos sistemas visual de processamento dorsal (lobo parietal posterior) e ventral (temporal posterior), resultaram também em compromissos no uso da IM (Farah, Soso, & Dasheiff, 1992), o que vem reforçar a doutrina de que a IV e a percepção visual são suportadas pela mesma arquitectura cognitiva.

Existem, no entanto, também, evidências clínicas que indicam envolvimento de diferentes mecanismos na percepção visual e na IV. Há relatos de doentes com cegueira cortical total após enfartes bilaterais da artéria cerebral posterior que preservaram capacidade de IV (Goldenberg, Müllbacher, & Nowak, 1995) e de pessoas com lesões localizadas que perderam capacidade de IM, preservando, no entanto, a percepção visual (Behrmann, Winocur, & Moscovitch, 1992). Uma outra história clínica reporta o caso de um indivíduo com lesões bilaterais do córtex temporoparietal occipital, com um quadro de agnosia, alexia, acromatopsia e prosopagnosia, que preservou competências de IV para reconhecimento de objectos, leitura, cor e processamento de faces (Bartolomeo et al., 1998).

Em geral, a IM é entendida como a reconstrução de uma experiência perceptiva real passada (Guillot & Collet, 2010) gerando a experiência de ver com os olhos da mente (Thompson-Schill, 2002, p. 520) ou ouvir com os ouvidos da mente (Kosslyn et al., 2001, p. 635). De facto, a IV tem merecido atenção significativa e, por vezes exclusiva, por parte da literatura, no domínio da IM. No entanto, nem a imagem mental, nem a IM se circunscrevem à modalidade visual. A IM pode ocorrer no domínio de diferentes modalidades sensoriais: visual, auditiva (Kelly & Freyd, 1987; Reisberg, 1992), táctil, olfactiva (Bensafi et al., 2003), gustativa ou qualquer combinação desses sentidos (Mulder et al., 2004; Suchan et al., 2002), sendo o aspecto comum a ocorrência de representação mental sem o efectivo estímulo sensorial. A *Imaginaria Motora* constitui uma dessas modalidades de que, seguidamente, nos ocuparemos.

1.2.2 A IMAGINARIA MOTORA

[Sócrates] *And now, I said, let me show in a figure how far our nature is enlightened or unenlightened: --Behold! Human beings living in an underground cave, which has a mouth open towards the light and reaching all along the cave; here they have been from their childhood, and have their legs and necks chained so that they cannot move, and can only see before them, being prevented by the chains from turning round their heads. Above and behind them a fire is blazing at a distance, and between the fire and the prisoners there is a raised way; and you will see, if you look, a low wall built along the way, like the screen which marionette players have in front of them, over which they show the puppets.*

[Sócrates] *And do you see, I said, men passing along the wall carrying all sorts of vessels, and statues and figures of animals made of wood and stone and various materials, which appear over the wall? Some of them are talking, others silent.*

[Glaucón] *You have shown me a strange image, and they are strange prisoners.*

[Sócrates] *Like ourselves, I replied; and they see only their own shadows, or the shadows of one another, which the fire throws on the opposite wall of the cave?*

[Glaucón] *True, he said; how could they see anything but the shadows if they were never allowed to move their heads?*

[Sócrates] *And of the objects which are being carried in like manner they would only see the shadows?*

[Glaucón] *Yes, he said.*

[Sócrates] *And if they were able to converse with one another, would they not suppose that they were naming what was actually before them? And suppose further that the prison had an echo which came from the other side, would they not be sure to fancy when one of the passers-by spoke that the voice which they heard came from the passing shadow?*

[Glaucón] *No question, he replied.*

[Sócrates] *To them, I said, the truth would be literally nothing but the shadows of the images.*

Platão (1991, pp. 253 - 254)

A questão paralela à IV tem sido levantada relativamente à imaginaria motora (IMot), ou seja, à imaginação dos movimentos sem os realizar. A IMot pode ser considerada uma subcategoria especial da IM e refere-se à recriação da experiência da efectiva realização de uma acção (Svensson & Ziemke, 2004), ou seja, à reprodução interna de uma acção motora específica sem qualquer *overt motor output* (Mulder et al., 2004).

A IMot implica a activação de representações motoras que estão envolvidas no planeamento e controlo de movimentos. De acordo com Jeannerod (2004), estas representações motoras podem ser consideradas a experiência consciente de modelos internos da acção. O termo IMot reporta-se, classicamente, à representação explícita ou consciente de uma acção, incluindo no entanto, este conceito, outros aspectos do

mesmo fenómeno, implícitos ou inconscientes (Jeannerod & Frak, 1999). Na reificação da imagem mental como invenção ou recriação mental de experiências (Finke, 1989, p. 2) pode, igualmente, incluir-se a experiência proprioceptiva.

A IMot tem sido definida como a capacidade de ir “through the motions in one’s mind” (Gerardin et al., 2000, p. 1093) e corresponde a um estado dinâmico no qual um indivíduo simula mentalmente o desempenho de uma acção motora específica (Crammond, 1997; Decety, 1996), sugerindo o seu potencial de aplicação no estudo dos aspectos representacionais do movimento. Pode considerar-se um estado virtualmente vivido, durante o qual a representação de uma acção específica é internamente reactivada dentro da memória de trabalho, sem qualquer resposta motora explícita (Malouin, Desrosiers, Richards, Doyon, & Belleville, 2004). A característica essencial da IMot é, grosso modo, a de a pessoa imaginar-se a si própria a executar uma acção na perspectiva da primeira pessoa, considerando-se um apanágio dos seres humanos esta capacidade de simular acções conscientemente (Jeannerod & Decety, 1995).

Entre um dos exemplos de IMot, pode referir-se a imaginação de movimentos de membros isolados (Mulder et al., 2004) ou de todo o corpo (Downs et al., 1999), bem como a imaginação da interacção do corpo com objectos e ambientes. Podemos mencionar, ainda, entre outros modelos de IMot, a prática mental a que recorrem os desportistas (MacIntyre & Moran, 2000; Orlick & Partington, 1988) ou os músicos (Annett, 1995; Jeannerod, 1999) no sentido da optimização dos seus desempenhos.

No domínio da Psicologia, esqueceu-se durante algum tempo que os seres humanos têm corpo, negligenciando o controlo motor na organização mental e no comportamento (Berthoz, 1997; Rosenbaum et al., 2005). Até o final do século XIX, a consciência corporal foi concebida como um conjunto de sensações corporais internas. Em 1905, Bonnier (citado por Vignemont, 2009) introduziu, pela primeira vez, o termo “esquema” para se referir a organização espacial e representação mental do corpo. Muitas vozes (e.g., Fonseca, 1999; Schwoebel, Boronat, & Coslett, 2001) têm evidenciado a existência de uma representação *online* do corpo no espaço originada por estímulos proprioceptivos, somatossensoriais, que constitui o esquema corporal. Tem sido realçado o seu papel na condução dos movimentos imaginados e reais. O esquema corporal é concebido como o resultado da interacção de diversos factores actuantes, nomeadamente pelo contributo da coordenação de modalidades sensoriais à actividade motora, da construção do eixo do corpo e aquisição dos conceitos piagetianos, entre as quais se encontram a percepção, a diferenciação entre o *eu* e o

mundo, a permanência do objecto e a imitação (Piaget, 1977). No entanto, foi sendo desenvolvido um ruído generalizado sobre a natureza e as propriedades destas noções (Gallagher, 1986). No seio da neurolinguística (Johnson, 1987) e, mais recentemente, da ciência cognitiva (Clark, 2011; Gibbs, 2006; Rohrer, 2005; Shapiro, 2011) uma nova visão – *embodied cognitive science* – tem recolocado o corpo na relação entre a mente e a compreensão do espaço (Richardson & Flash, 2000).

A IMot permite a internalização do espaço exterior, traduzindo-se numa forma simbólica que permite a sua manipulação mental. Este torna-se um ambiente imutável no qual o indivíduo pode intervir e estabelecer relações. O mesmo sucede com o desenvolvimento do esquema corporal, um modelo interno do organismo, uma representação coerente e unificada dos diferentes segmentos corporais, estáticos ou em movimento (Zabalia, 2004) e das relações que estas estabelecem entre si. Durante a IMot é recuperada a informação em memória, armazenada no sistema motor a partir de desempenhos anteriores (Annett, 1995; Naito et al., 2002).

Há evidências que suportam a equivalência entre o desempenho da acção e a sua simulação mental que têm emergido, essencialmente, de três domínios da investigação: análise cronométrica, resposta autonómica do sujeito e medida da actividade cerebral. Resultados obtidos pelo paradigma da cronometria mental têm ilustrado, claramente, similitudes entre uma acção imaginada e executada, revelando que o tempo requerido para simular uma acção aproxima-se muito do tempo necessário para a sua efectiva realização (Decety et al., 1989; Jeannerod & Frak, 1999; Sirigu & Duhamel, 2001). Outras experiências também com a técnica de análise cronométrica aplicada para medir a duração das acções simuladas e procurar, assim, a presença de parâmetros do controlo motor nomeadamente no que toca ao trade-off (compromisso) velocidade-precisão, têm concluído também que a lei de Fitts⁴ se aplica à IMot. Isto é, as imagens mentais motoras são constrangidas pelas mesmas leis físicas aplicadas à execução motora (Sirigu et al., 1995, 1996;). Percorrer mentalmente um percurso (através da IMot) tem revelado consequências, ao nível do desempenho, semelhantes às do treino real: Decety e Jeannerod (1996) e Decety et al. (1989) compararam a duração de um circuito em direcção a determinado alvo e a sua simulação mental, havendo, em ambas as condições, um aumento dos tempos com a distância a percorrer, sendo mais evidente em caminhos

⁴ A lei de Fitts (1954) é um modelo de comportamento psicomotor humano que aponta para uma relação formal que modela o compromisso velocidade / precisão, através do aumento dos tempos de execução com a dificuldade da tarefa.

que apresentam configurações regulares (e.g., um hexágono) (Vieilledent et al., 2003); os tempos de simulação mental dos sujeitos, a quem se solicitou que imaginassem um percurso sobre uma trave, revelaram aumentar com a diminuição da largura da trave, como seria provável que acontecesse num trajecto real (Kosslyn et al., 1978).

Outra das vias de investigação respeita as alterações verificadas no sistema nervoso vegetativo concomitantes à simulação mental. As respostas do sistema nervoso autónomo, como os níveis de adaptação cardíaca e respiratória, subjacentes ao controlo voluntário, também têm revelado, durante tarefas de IMot, activação proporcional à registada no desempenho da acção real. Tal envolve mecanismos que controlam processos fisiológicos, traduzidos em efeitos muito semelhantes àqueles que ocorrem com os correspondentes estímulos perceptivos. Vários estudos têm reportado, durante a imaginação das acções, uma activação dos parâmetros cárdio-respiratórios (ritmos cardíaco e respiratório, ventilação e pressão sanguínea) proporcionais ao esforço físico realizado (Decety et al., 1997) e outros correlatos fisiológicos, como o aumento da actividade muscular (Jeannerod & Decety, 1995).

Vários estudos, sob diferentes abordagens metodológicas, têm identificado similitudes entre movimentos imaginados e executados (Decety, 1996; Naito et al., 2002; Sirigu & Duhamel, 2001), com evidências (em humanos e primatas) do envolvimento de um circuito similar na execução e imaginação de um movimento, ou trajectória (Decety, 1998; Jeannerod & Decety, 1995). A imaginação do movimento e a sua execução partilham muitas propriedades, incluindo um circuito neural comum (Jeannerod, 1994, 1999; Jeannerod & Frak, 1999). Um modelo comum de IM, suportado pelos dados da imagiologia e estudos neuropsicológicos (Gerardin et al., 2000; Jeannerod, 1994, 1999; Stephan et al., 1995) postula que a representação mental de um acto motor e a sua efectiva execução envolvem a activação de áreas cerebrais similares.

Especificamente, a IMot tem revelado partilhar algumas vias e mecanismos neuronais com a percepção (Farah, 1984; Kosslyn, 1994) bem como com a preparação e produção de movimentos (Decety & Ingvar, 1990; Jeannerod, 1994, 2001). O reconhecimento destes substratos comuns conduziu à hipótese de “equivalência funcional” (Finke, 1979; Jeannerod, 1994; ver revisão por Moran, Guillot, MacIntyre, & Collet, 2011) segundo a qual os processos de simulação cognitiva (como a IM) partilham, em determinado grau, certas representações, estruturas neurais e mecanismos de percepção com a preparação motora e outros processos de execução. Por exemplo, estudos de neuroimagem mostram que acções simuladas mentalmente e executadas dependem

de representações neurais semelhantes e activam muitas áreas cerebrais comuns, tais como o córtex motor primário, área motora suplementar, as áreas pré-motoras e cerebelo (de Lange, Roelofs, & Toni, 2008; Munzert, Lorey, & Zentgraf, 2009). A IMot tem sido, igualmente, comparada a um processo de preparação motora, no qual os programas motores são recrutados para simular acções sem as executar realmente (e.g., Jeannerod 1994; Jeannerod & Decety, 1995). Ou seja, a diferença reside, apenas, no momento final – a resposta motora – que não é expressa na IMot (por esta não implicar, obviamente, o momento final da realização motora). Por outro lado, a incorporação das propriedades dinâmicas (forças e suas relações) subjacente ao movimento e interacção dos objectos a partir das nossas experiências de acção sobre eles (White, 2009; White et al., 2012) constitui uma evidência favorável a uma IM com papel determinante no planeamento da acção. O planeamento da acção será, assim, uma forma de IM incorporada através da simulação dinâmica de eventos, que integra o repertório específico de acções, tempos, potencialidades e limiares (König & Krüger, 2006). Esta concepção é compatível com a teoria da “especificidade corporal” da IM (ver Willems, Toni, Hagoort, & Casasanto, 2009).

A simulação de uma acção pode envolver também um mecanismo emulador que prevê o *feedforward* sensorial que resultaria de uma acção executada (Grush, 2004; Jeannerod, 2001). Apesar de a ênfase ter vindo a ser colocada na realização efectiva das acções, tem-se concluído que o sistema motor integra, igualmente, informação sensorial tanto na execução de acções como no seu planeamento (Jeannerod, 2001; Svensson, 2004). Esse emulador corporal consiste num sistema que recebe uma cópia dos comandos eferentes juntamente com as consequências sensoriais estimadas (Grush, 2004). A diferença que separa a execução da simulação e planeamento, no que respeita aos substratos neuronais, diz respeito apenas à ausência de actividade no córtex motor primário na IMot.

Os modelos de IM apresentados reportam-se, essencialmente, a situações em que a mesma é provocada, ou directamente induzida, como o exemplo apresentado no início do capítulo. Trata-se de tarefas de IM explícita, que induzem uma experiência fenomenológica, na qual o sentimento do movimento (no caso da IMot) é experimentado de forma consciente (Jeannerod, 2001). Esta capacidade de IM explícita é muitas vezes medida através de questionários introspectivos, como KVIQ-R (Malouin et al., 2007) nos quais é classificada a nitidez, clareza ou facilidade com a qual a IM é vivenciada. No entanto, a IM também ser usada implicitamente. Será dessa modalidade que nos ocuparemos, seguidamente.

1.3 IMAGINARIA MENTAL IMPLÍCITA: O PARADIGMA DA ROTAÇÃO MENTAL

A representação analógica aborda o tratamento da imagem nas suas relações com os perceptos, no que respeita aos processos que operam sobre a imagem e não apenas à organização estrutural interna desta imagem (Denis, 1989). Um aspecto que vem reforçar a analogia entre os processos perceptivos e imaginativos consiste em mostrar, por exemplo, que não apenas a duração do TR mental se revela proporcional ao ângulo da rotação, mas que a rotação aplicada à imagem faz passar esta representação interna por uma série de estados intermédios que correspondem aos estados sucessivos do objecto no decurso da sua rotação física (Denis, 1989), i.e., existem indicadores não só do aumento linear da duração da rotação mental em função da diferença angular, mas também da passagem da representação evocada pelo sujeito por todas as posições desde o ponto de partida até o estado final.

Contrastando com a IM explícita, na IM implícita as representações do sistema (visual ou motor) são usadas, de forma sugerida e sem consciência desse envolvimento, por parte do sujeito. Pode tratar-se de tarefas que assentam em decisões motoras perceptivamente conduzidas, por exemplo, julgar se uma mão representada é esquerda ou direita (De Lange, Hagoort & Toni, 2005; Parsons, 1994). Podem ser solicitados julgamentos de acções prospectivas como avaliar se um instrumento é preensível, com uma determinada postura de mão ou grau de abertura dos dedos (Tucker & Ellis, 1998). O paradigma da rotação mental, pelos resultados que tem trazido ao domínio da psicologia cognitiva e experimental, é frequentemente estudado no âmbito da IM.

A capacidade de manipular imagens mentais, incluindo aqui a rotação mental de objectos, e de prever movimentos, poderá ser entendida como um contributo adaptativo. Esta competência de IM implícita, que assenta na inteligência fluida, assim denominada por Finke e Freyd (1994), gera a capacidade de observar relações e soluções para problemas sem aprendizagem prévia.

1.3.1 A ROTAÇÃO MENTAL DE OBJECTOS

A representação mental de imagens pode ser suscitada de formas implícitas, como é o exemplo mais clássico da *Shepard Task* (Shepard & Metzler, 1971): tarefa de alinhamento angular, na qual se mostrava aos participantes pares de imagens rigorosamente iguais com diferentes orientações, questionando-os se as formas eram iguais ou se uma constituía a imagem em espelho da outra. Ou seja, após a apresentação de dois estímulos, diferindo pela rotação ou reflexão, os participantes teriam que decidir se se tratava de estímulos iguais (mesmo que rodados) ou reflectidos (Figura 2). Em cada par, as imagens eram apresentadas com diferentes disparidades angulares (metade das quais eram imagens iguais ao modelos, sendo a outra metade, imagens invertidas, ou seja, em espelho). As formas sofriam rotação de 0 a 180 graus, tanto no plano (espaço bidimensional) como em profundidade (espaço tridimensional).

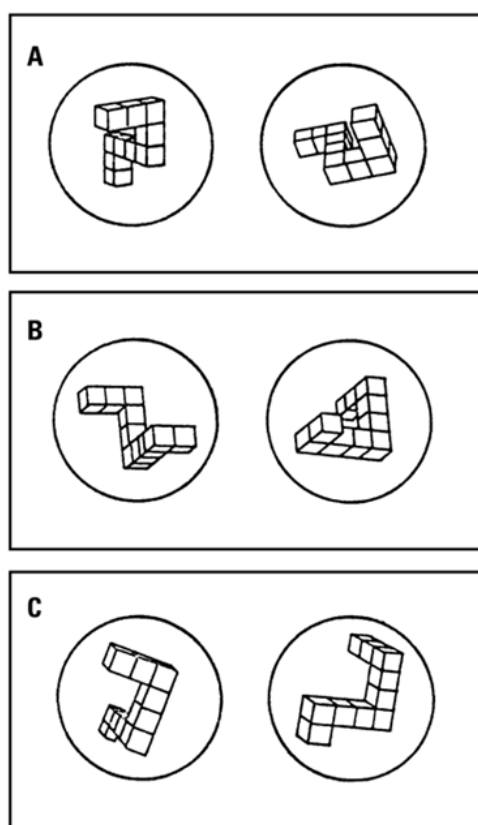


Figura 2. Estímulos do estudo de Shepard e Metzler (1971). **A** - Os objectos diferem numa rotação de 80 graus no plano; **B** - os objectos diferem numa rotação de 80 graus em profundidade; **C** - o par não pode ser rodado congruentemente.

A reacção tipicamente encontrada era a rotação física (frequentemente manual) de um dos estímulos até coincidir com o outro. Na impossibilidade da rotação dos estímulos, as pessoas frequentemente tentavam rodar a cabeça no sentido do alinhamento da imagem retiniana do estímulo com o traço de memória do outro. No entanto, quando nem o estímulo nem a cabeça do sujeito podiam ser rodados, a tarefa de Shepard e Metzler (1971) era, igualmente, realizada. Os tempos de resposta revelaram um crescimento linear quase perfeito com o aumento da diferença angular entre os estímulos. O declive da curva que relacionava o TR com o ângulo de rotação revelava, ainda, ser o mesmo, tanto quando se tratava de rotações no plano bidimensional como de rotações em profundidade. Concluiu-se que o tempo necessário para a realização da tarefa aumentava com o grau de disparidade angular entre as imagens. Uma atitude de economia de tempo parecia surgir como tónica comum aos desempenhos dos participantes. Os resultados revelavam, assim, que os TR formavam uma função linear do grau em que as figuras sofreram rotação, i.e., da disparidade angular entre as figuras. Estes resultados constituem-se como funcionalmente equivalentes aos esperados caso os observadores executassem a rotação dos objectos físicos no espaço: despende-se mais tempo na rotação de objectos com maiores ângulos de rotação, sendo indiferente se a rotação se faz no sentido dos ponteiros do relógio, no sentido inverso ou na terceira dimensão da profundidade (Sternberg, 1996). Estes dados do comportamento dos participantes e outros de estudos similares (Kosslyn et al., 2001) sugeriram que o processo de decisão, relativo a objectos tridimensionais, era realizado obedecendo a uma velocidade de rotação constante.

Os resultados originais (Shepard & Metzler, 1971) foram largamente interpretados como revelando que a imagem de um objecto é mentalmente rodada de forma contínua e a velocidade constante, sendo este o meio através do qual se realizava a comparação: era rodada uma figura do par até as duas se encontrarem num alinhamento que pudesse facilmente determinar, por comparação, se seriam a mesma ou figuras diferentes. Haveria assim, efectivamente, prova de uma rotação realizada para que a comparação pudesse acontecer. Juntamente com os relatos dos participantes, estes resultados de fundo levaram os autores a apelidar este processo de rotação mental por se assemelhar ao curso do tempo de uma rotação física com velocidade angular constante (Wohlschläger & Wohlschläger, 1998).

Os resultados destas experiências iniciais revelavam-se a prova evidente que as pessoas recorriam, com sucesso, a uma rotação mental do objecto.

O processo é, metaforicamente, uma *rotação* porque se revela fiel representante de uma rotação física (Wexler et al., 1998) obedecendo às mesmas regras e duração temporal. É *mental* porque, efectivamente, o estímulo externo não roda. Nascia, assim, o conceito de rotação mental, dizendo respeito à imaginação de uma rotação, através de uma imagem na mente, simulando o seu movimento físico, sem que o mesmo seja realmente executado.

Shepard e Metzler (1971) demonstraram assim, pela primeira vez, que a IM tem enquadramento na análise científica. Revelava-se, de forma compreensível e credível, que era possível investigar a IM e as suas propriedades através da medida dos TR. A rotação mental tornar-se-ia num dos subsistemas da IM mais estudados (Lejeune, 1994). O paradigma da rotação mental tem sido um modelo bem estabelecido para estudar o processo cognitivo de rodar mentalmente objectos corporais ou não corporais. Por envolver transformações espaciais cognitivas de estímulos imaginados, viria a constituir um método cognitivo importante no estudo da resolução de problemas (Ark, 2002) e das transformações visuoespaciais. A tendência revelada pelos resultados originais de Shepard e Metzler (1971) foi confirmada por outros estudos de rotações mentais de figuras bidimensionais, como cubos (Just & Carpenter, 1985) e letras do alfabeto (Hamm, Johnson, & Corballis, 2004; Jordan, Heinze, Lutz, Kanowski, & Jancke, 2001; Pellizzer, 1996; Shepard & Cooper, 1982). Estímulos degradados, indistintos, incompletos, ou menos informativos (Duncan & Bourg, 1983) têm associado tempos de resposta mais longos do que os estímulos intactos. Figuras conhecidas foram rodadas mais rapidamente do que figuras desconhecidas. A familiaridade dos estímulos, acreditou-se, poderia levar a um incremento nos desempenhos, parecendo, no entanto, não persistir para as tarefas de rotação de figuras inusitadas como seriam os cubos ou figuras geométricas abstractas (Jolicoeur, Snow, & Murray, 1987).

A rotação mental foi definida como a simulação latente, implícita, da rotação motora (Wexler et al., 1998). No entanto, em vez da realização real e efectiva de uma rotação com a mão ou a cabeça, na rotação mental existe, apenas, planeamento da acção e simulação dos resultados perceptivos da acção planeada. A activação observada em áreas que têm sido associadas à percepção para acção (Deubel, Schneider & Paprotta, 1998; Goodale & Humphrey, 2001), concretamente nos lobos parietais, durante tarefas de rotação mental, reforça a interpretação de rotação mental como uma analogia da rotação física. Pode, para além disso, ser considerada uma operação sobre imagens mentais visuais, uma simulação da rotação física. A acção é planeada,

virtualmente executada, havendo uma simulação do resultado perceptivo do planeamento (como que curto-circuitando a acção, que não é, realmente, executada). Estará, nesta linha, subjacente a utilização de uma estratégia cognitiva permitindo ao sujeito a relocalização do objecto. As estruturas neuronais manipulam as imagens como um todo, preservando a sua tipologia enquanto as rodam através de uma série de estados intermédios. As pessoas desempenham a tarefa como se mentalmente rodassem cada objecto e estes se movimentassem percorrendo uma trajectória, passando por posições intermédias, à semelhança de uma rotação física. Residiria aqui um mistério de difícil compreensão: os objectos aparentavam sofrer um constrangimento das leis da física como ocorreria se fossem efectivamente rodados, não havendo, no entanto, à partida constrangimentos físicos nas representações internas (Kosslyn et al., 1998) que justificassem essa influência. Atendendo que não existem limites para o pensamento e a imaginação, como poderia esta tarefa reflectir constrangimentos?

1.3.1.1 O tempo na IM implícita: a cronometria mental como técnica de estudo

Todos estes resultados indicam uma estreita relação entre o tempo de duração real e mental que pode ser explicada, de uma forma simples, postulando que IMot e execução motora baseiam-se em representações que se sobrepõem. Na época dos primeiros estudos sobre a cronometria mental de IM (Shepard & Metzler, 1971; Decety, Jeannerod, & Prablanc, 1989; Jeannerod, 1994), tais argumentos surgiam como demasiado especulativos. No entanto, após a publicação de estudos de neuroimagem confirmando uma base neural comum entre IMot e execução motora (Decety, 1998; Farah, 1984, 1988, 2002; Luft et al., 1998; Grèzes & Decety, 2002; Jeannerod, 2001) a cronometria mental reforçou a sua importância como metodologia de estudo válida. As características temporais da IM têm sido amplamente estudadas através da análise cronométrica mental em indivíduos TD (Caeyenberghs, Wilson, van Roon, Swinnen, & Smits-Engelsman, 2009; Decety et al., 1989; Guillot & Collet, 2005; Parsons, 1987, 1994) na qual se examina a relação temporal entre a execução física de uma tarefa motora (por exemplo, escrever, tocar peças musicais, caminhar) e a imaginação da mesma tarefa. Tem sido assinalada uma congruência temporal, ou equivalência funcional entre os tempos de imaginação e de execução. Além disso, foi já demonstrado, como anteriormente referido, que a lei de Fitts (1954) que afirma que os movimentos

mais difíceis requerem mais tempo a ser (fisicamente) produzidos, aplica-se também aos movimentos imaginados (Decety & Jeannerod, 1996), indicando que os tempos dos movimentos, realizados fisicamente e imaginados, estão sujeitos a leis e princípios comuns (Jeannerod & Decety, 1995) e que as acções mentalmente simuladas são reguladas por regras motoras centrais. A cronometria mental tem sido utilizada por vários autores para examinar os efeitos de lesões cerebrais na IMot (Malouin, Richards, Desrosiers, & Doyon, 2004), para avaliar a capacidade/competências de IM (Guillot & Collet, 2005) e para controlar/avaliar se os participantes estão envolvidos num processo de IM durante a prática mental (Malouin & Richards, 2013), ou simulação mental de movimentos ou apenas em tarefas comuns de rotação mental. Foi também a este paradigma, o da análise cronométrica, que recorreremos para avaliar a rotação mental no presente trabalho.

1.3.2 A ROTAÇÃO MENTAL DE PARTES DO CORPO

*The hand does not act in a headless manner
and neither is the authority of the head built exclusively on disembodied contemplation!*

Radman (2013)

Como vimos, as evidências trazidas pela psicofísica, com recurso à análise cronométrica, no domínio das rotações mentais de objectos e letras, revelam que o tempo da resolução da tarefa se aproxima muito de uma função linear do grau do ângulo de rotação. Colocava-se, então, a questão relativamente ao que sucederia com a rotação mental de partes do corpo (Funk & Brugger, 2002; Parsons, 1994, 2001; Petit et al., 2003; Sekiyama, 1982), tendo vindo esta a tornar-se noutra modalidade de rotação mental, a que recorreremos também nos estudos apresentados neste trabalho, especificamente a rotação mental de mãos.

Na busca de evidência para o estabelecimento de uma relação entre a acção e rotação mental, podemos encontrar alguns estudos de rotação mental de partes do corpo, como pés (Parsons, 1987) e especialmente mãos (Cooper & Shepard, 1975; Funk & Brugger, 2002; Nico et al., 2004; Parsons, Gabrieli, Phelps, & Gazzaniga, 1998, Parsons, 1987, 1994, 2001b; Sekiyama, 1982) ou de todo o corpo, como em experiências

de rotação sobre si próprio (Downs et al., 1999; Zabalia, 2000). A rotação mental de partes do corpo é, frequentemente, avaliada com recurso a tarefas de julgamento de lateralidade, nas quais são usados estímulos corporais, a respeito dos quais se solicita aos participantes uma tomada de decisão sobre qual o hemicorpo (esquerdo ou direito) a que pertencem determinadas partes do corpo, aleatoriamente apresentadas (Parsons, 2001b; Sekiyama, Miyauchi, Imaruoka, Egusa, & Tashiro, 2002).

O paradigma de julgamento de lateralidade de mãos foi introduzido por Sekiyama (1982) que concluiu que os TR usados para avaliar se uma mão é esquerda ou direita não aumentam linearmente, mas de forma quadrática, i.e., não sendo simétricas sobre a rotação de 180°, como acontece, por exemplo, com letras. Este perfil de TR assimétrico foi interpretado como uma representação de influências quinesésicas do próprio corpo no TR de julgamento de lateralidade (Sekiyama, 1982): os TR cresciam com a dificuldade de realização efectiva da postura da mão apresentada. Ou seja, verificou-se que, quando o corpo de um sujeito era objecto de transformação espacial imaginada, a relação entre o tempo de concretização da tarefa e o ângulo de rotação era mais complexa (Amorim & Stucchi, 1997) do que a que era verificada na rotação de objectos. As experiências de Parsons (1994), com a apresentação de fotografias de mãos (cf. Figura 3), constituíam tarefas de IMot implícita durante as quais os observadores deveriam decidir se o estímulo apresentado se tratava de uma mão direita ou esquerda, sem lhes ser dada a indicação explícita da rotação.

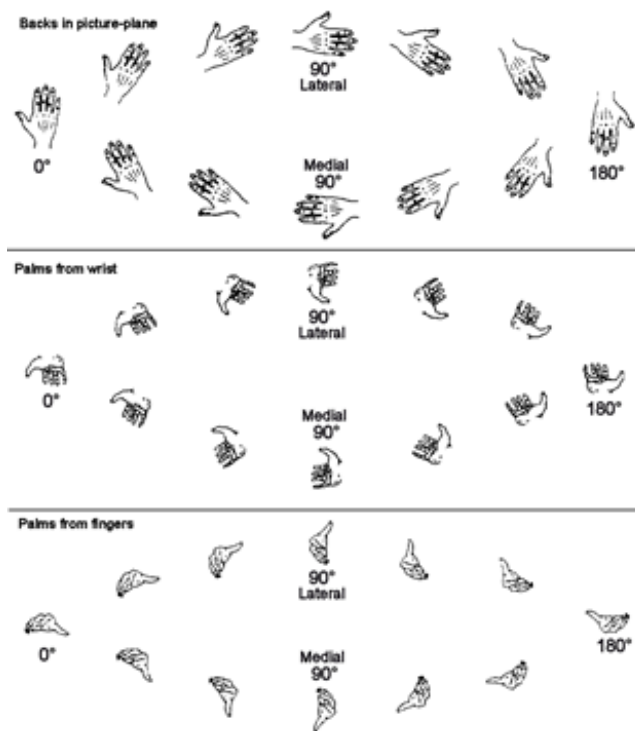


Figura 3. Estímulos das experiências de Parsons (1994, p. 912).

Na situação experimental desenvolvida por Parsons (1994), pretendia-se comparar o tempo necessário para completar a acção com o que era necessário para simular mentalmente essa acção, avaliado através de uma tarefa de julgamento de lateralidade. O tempo requerido para proceder a esse julgamento (sem recorrer ao movimento ou a visualização da própria mão) revelou-se idêntico ao tempo usado para a deslocação da mão partindo da postura em que se encontrava naquele momento para a posição representada pelo estímulo. As pessoas não moviam, na realidade, as suas mãos, mas imaginavam vivamente esse movimento de forma natural e eficiente. O tempo gasto na simulação mental do movimento da mão de uma postura de repouso para várias outras posturas, revelou-se altamente correlacionado com o tempo usado na realização efectiva daqueles movimentos. Na realização dos movimentos mais familiares (*medial hand postures* – posturas mediais, que derivam de movimentos em direcção à linha média do corpo, mais comuns e mais confortáveis) o tempo de realização e imaginação foram semelhantes. No que respeitava aos movimentos menos comuns e, anatomicamente, mais difíceis de realizar (*lateral hand postures* – posturas laterais, referentes a

movimentos tendentes ao afastamento do plano médio-sagital), o tempo do movimento real revelou-se superior, mas proporcional ao tempo despendido na sua imaginação.

A correlação entre os tempos dos movimentos simulados e reais foi mais fraca quando se tratava das posturas laterais. Questionava-se, então, qual a razão pela qual a correspondência entre propriedades temporais de acção real e de acção mentalmente simulada variam desta forma quando se trata de movimentos laterais, isto é, menos comuns e, possivelmente, menos confortáveis. Uma hipótese de explicação arriscada apontava para o facto de os movimentos com orientações mais invulgares requererem mudanças ao nível de várias articulações, envolvendo interacções entre estas (Soechting & Lacquantí, 1981). A complexidade destas mudanças estruturais pode exceder a precisão ou a capacidade dos processos que se encontram na base da simulação mental. Como consequência, esses movimentos podem ser grosseiramente aproximados, requerendo, proporcionalmente, menos tempo que a sua efectiva realização. Outra possibilidade, avançada por Parsons (1994), prende-se com a informação menos detalhada e precisa em que se baseia a simulação mental de movimentos e posturas menos familiares. Haveria, assim, uma tendência, por defeito, para produzir simulações rápidas e mais imprecisas e superficiais.

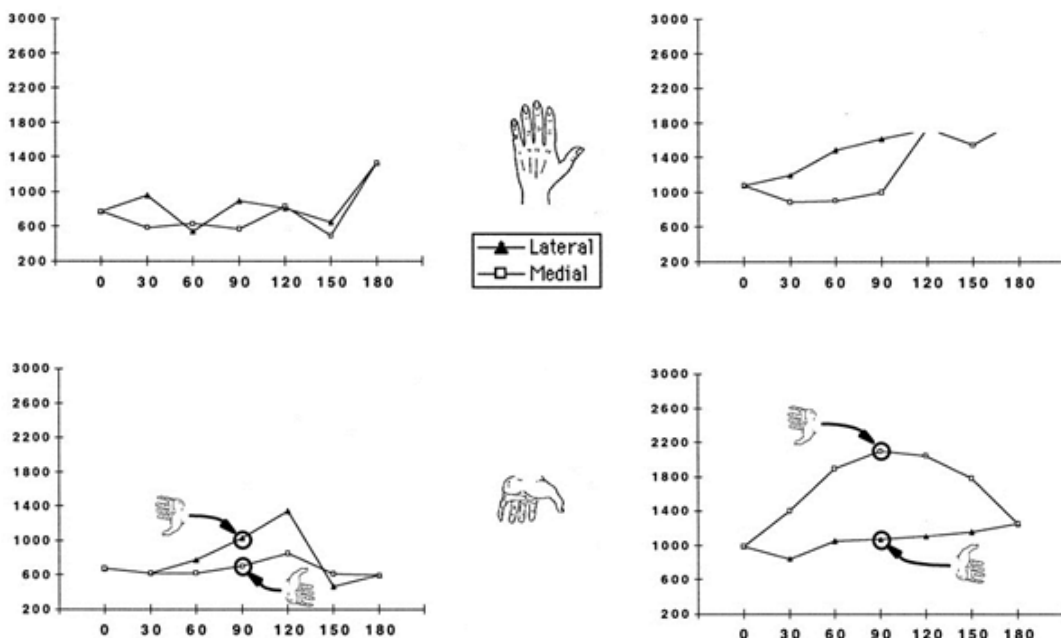


Figura 4. Registo da evolução dos TR dos participantes face a dois estímulos das experiências de Parsons (1994): mão vista pelas costas e mão vista a partir do pulso.

Os resultados viriam a revelar que o julgamento esquerdo/direita dependia da posição da mão do sujeito aquando da realização da experiência, bem como da orientação, perspectiva e lateralidade do estímulo (Figura 4). De acordo com as hipóteses colocadas pelos experimentadores, o tempo necessário para proceder a um julgamento esquerda/direita com braços e mãos na situação de pronação era frequentemente paralelo, mas superior ao tempo de julgamento em situação de supinação. Desta experiência, os autores concluíram que a origem espacial, a partir da qual espontaneamente se imagina uma transformação espacial do corpo, é a sua orientação no momento e não uma representação canónica e fixa.

Parsons concluía assim, em 1994, que as pessoas são capazes de simular mentalmente eventos que representam uma grande variedade de propriedades, incluindo o movimento do corpo, a observação de uma cena tridimensional ou a transformação espacial de um objecto. Esta capacidade de representação mental torna acessível informação que, de outra forma, se revelaria difícil.

Os dados trazidos pelo estudo referido revelam que as propriedades de muitas acções são representadas com precisão nas simulações mentais: a configuração quines-tésica do corpo, que é representado e transformado, corresponde à efectiva configuração das respostas; a informação sensoriomotora cinemática, simulada mentalmente, é mapeada em direcção à informação-alvo visualmente apreendida precisamente como no movimento real; o tempo para simular mentalmente uma acção é frequentemente proporcional ao tempo necessário para a realização do movimento real.

A correspondência temporal entre a acção real e aquela que é mentalmente simulada, que encontra suporte nestes estudos, apesar de geral, não se revela uniforme: o tempo para movimentos simulados e reais é, grosseiramente, idêntico para posturas-alvo mediais. Intervalos de tempos mais longos revelaram-se necessários para os movimentos reais em posturas-alvo laterais (a afastar-se da linha média do corpo), menos comuns e que requerem trajectórias mais longas.

Estas orientações mais incomuns exigem actividade mais coordenada, envolvimento de mais do que uma articulação, ou interacções entre estas articulações, e movimentos junto dos limites ou extremidades das articulações, implicando sensações quines-tésicas mais desconfortáveis. Possivelmente, a complexidade de tal mudança estrutural supera a capacidade de precisão do processo de simulação mental. A correspondência entre o tempo dos movimentos reais e dos simulados é mais fraca para estas posturas das mãos mais incomuns. Assim, e decorrente desta justificação avançada por Parsons (1994), as

simulações mentais poderão ser mais pobremente aproximadas, requerendo, por isso, proporcionalmente, menos tempo do que as realizações efectivas. É colocada, também, a hipótese de o processo de simulação mental ser baseado num princípio de informação biomecânica, menos detalhada para posturas-alvo menos familiares, havendo a tendência, por defeito, para produção de simulações rápidas e imprecisas.

Com base neste pressuposto, a imaginação de trajectórias de posturas mediais requeria menos tempo, podendo esta evidência prender-se com o facto de se tratar de trajectórias mais confortáveis do que as laterais. As decisões correctas eram mais rapidamente tomadas quando o sujeito se encontrava perante um estímulo que exigia rotação da mão em direcção à linha média do corpo do que perante estímulos que requeriam rotação no sentido contrário (Parsons, 1994). Os tempos de resposta revelavam-se proporcionais à familiaridade da posição da mão representada. As pessoas revelam maior facilidade em rodar mentalmente partes do corpo nas posições em que estas costumam ser efectiva e facilmente rodadas do que em posturas que, fisicamente, seriam de execução mais difícil. Tem sido demonstrado que os mesmos constrangimentos se encontram associados à manipulação mental de imagens de objectos comumente manipulados com as mãos (Jeannerod, 1997).

Note-se, porém, que o tempo necessário para o desempenho de cada uma das tarefas revelou-se específico para cada parte do corpo envolvida, reflectindo diferentes constrangimentos articulatorios. Alguns estudos documentam uma correspondência comparável entre o tempo requerido para imaginar outros movimentos, como andar, e o tempo necessário para os desempenhar fisicamente (Decety, 1998).

Os sujeitos têm reportado, experiências de sensações quinestésicas específicas ao membro imaginado durante os julgamentos, (Sekiyama et al., 2002). Na realidade, correlatos fisiológicos da simulação mental do movimento do corpo revelaram-se similares (apesar de compreensivelmente mais fracos) aos movimentos reais e efectivos do corpo. Do ponto de vista neurológico, regiões pré-motoras, parietais e o cerebelo revelaram-se fortemente activados na tarefa de decisão de Parsons (1994) com uma especificidade em função da mão apresentada: a activação no hemisfério contralateral à mão imaginada. Parsons (1987, 1994) revelava, desta forma, que o tempo requerido para a simulação mental de um movimento, em particular o relacionado com posturas da mão, e o tempo necessário para um julgamento esquerda-direita de estímulos correspondentes, se encontravam altamente correlacionados com as avaliações realizadas relativas à sua estranheza ou dificuldade. Adicionalmente, os TR nos julgamentos e

rotações mentais referidos revelaram-se, frequentemente, consistentes com os resultados de um estudo que usava os constrangimentos das articulações para modelar trajetórias simuladas num espaço tridimensional (Parsons, 1987) em apresentações de diferentes posturas e movimentos de uma mão.

Trabalhos que pretendiam avaliar o papel da dominância manual no reconhecimento de movimentos concluíram que a IM de acções realizadas com a mão dominante (Dapratri & Sirigu, 2002; Decety & Michel, 1989) é mais rápida do que de movimentos com a mão não-dominante.

Foi desenvolvida uma experiência na qual os participantes teriam de proceder a uma tarefa de julgamento relativamente à facilidade de desempenhar uma tarefa: a de encher um copo e despejar a água deste para outro, de acordo com diversas posições dos dedos (Jeannerod & Frak, 1999). O padrão de respostas dos participantes revelou seguir as limitações que a biomecânica dos membros superiores imporá no real desempenho motor. Os tempos de resposta cresceram com a dificuldade estimada da tarefa. Esta evidência levou os autores a enfatizar o papel da IMot implícita: apesar de não ter sido dada aos sujeitos indicação nesse sentido, ocorrera uma simulação inconsciente do movimento antes de ser dada a resposta. Explicitamente não era fornecida essa indicação, mas o comportamento dos sujeitos levava a crer que a realização da tarefa com sucesso implicava a simulação do movimento.

As situações experimentais realizadas, neste âmbito, ajudam a concluir que a rotação mental de membros do corpo revela-se um fenómeno mais complexo do que a rotação mental de objectos, letras ou outras formas. Para Parsons (2001a) e Funk e Brugger (2002), a complexidade surge porque a trajetória imaginada para a mão ou pé do observador é fortemente influenciada por princípios biomecânicos, o que não acontece com letras e objectos. A correlação encontrada entre a duração mental e real aventa, de facto, que a representação de uma acção e a operação de rotação mental são constrangidas por regras biomecânicas de produção do movimento e que algumas propriedades biomecânicas dos movimentos dos membros influenciam, espontaneamente, a simulação mental da acção.

Os estudos realizados com objectos e letras haviam concluído que, quando a rotação podia seguir duas vias diferentes, as pessoas, normalmente, seguiam a via mais curta e facilitadora de rotações mais rápidas, sugerindo a existência de uma economia na rotação. Nos estudos com partes do corpo humano, as duas possibilidades poderiam não ser equivalentes precisamente devido a contingências articulatórias do

corpo (Shiffrar & Freyd, 1990). Os participantes escolhiam não a via mais curta mas aquela que respeitava as leis biomecânicas do corpo. Encontra-se subjacente a estes argumentos teóricos e empíricos, a influência que as possibilidades biomecânicas do corpo exercem sobre a percepção e, provavelmente, sobre a IMot (Petit et al., 2003).

Numa tarefa de decisão de lateralidade (Bonda, Petrides, Frey, & Evans, 1995), foi encontrada activação nas regiões parietais superiores (mas não nas inferiores) sugerindo que, especificamente, os movimentos dos membros superiores envolvem, naturalmente, as mesmas estruturas corticais e sub-corticais activadas durante a sua imaginação. Foi, ainda, registada activação nas áreas pré-motoras do hemisfério contralateral à mão apresentada. A simulação dos movimentos de outras partes do corpo como dedos das mãos (Mulder, 2004) e pés (Lafleur et al., 2002) revelaram, de forma semelhante, activação das representações motoras correspondentes às partes específicas do corpo.

No sentido de investigarem os correlatos neuronais do planeamento motor, independentemente da efectiva realização dos movimentos, De Lange, Hagoort e Toni (2005) recorreram, igualmente, a tarefas de julgamento de lateralidade de mãos e de decisão normal-invertido em letras. Foi medida a actividade neurovascular recorrendo a técnicas de fMRI e encontrada activação em porções específicas do córtex parietal posterior e do córtex pré-central, em função da rotação mental, apenas durante a tarefa de IM. Tal era explicado pelo facto de, durante a acção intencional, o córtex parietal posterior combinar informações somatossensoriais e visuomotoras. Ao passo que o córtex pré-motor dorsal gera o plano motor, o córtex motor primário implica-se na execução motora.

As técnicas de neuroimagem têm fornecido suporte à compreensão aprofundada do fenómeno cognitivo, permitindo o estudo objectivo de actividades conhecidas apenas através de observações comportamentais e registos subjectivos. Assim, os processos neuronais envolvidos nas tarefas de rotação mental, apesar de largamente estudados, não se encontram completamente esclarecidos (Ark, 2002).

1.3.3 A ROTAÇÃO MENTAL DE OBJECTOS FUNCIONAIS

As investigações sobre o julgamento de uma mão “desorientada” (Parsons, 2001b) revelam que os observadores imaginam o movimento da sua mão, como se esta se deslocasse no sentido da orientação do estímulo com o qual se pretende comparar. As pessoas realizam um movimento implícito, apesar de a imaginação do movimento não ser solicitada.

A rotação mental tem sido estudada também relativamente a ferramentas, objectos dotados de funcionalidade e potencial imediato de acção. Petit et al. (2003) compararam a rotação mental de uma mão com a de um martelo. Partia-se do pressuposto que tratando-se de uma ferramenta, este não apresentaria, à partida, qualquer constrangimento biomecânico. Efectivamente, os autores encontraram, na rotação mental da mão, TR superiores (relativamente à rotação do martelo), revelando que a criação da imagem mental de um segmento corporal requer mais tempo do que a geração mental de objectos de outra natureza, desprovida de constrangimentos anatómicos (Petit et al., 2003), como se de prolongamentos do corpo se tratasse.

Apesar da propriedade funcional que possui, o martelo não se constituiu um concorrente do antebraço. A ferramenta não partilhou as suas propriedades proprioceptivas determinadas pela arquitectura corporal e articulatória, que impõe um número limitado de eixos de rotação a este segmento corporal (característica que a ferramenta não partilha). Surge, novamente, evidência da marcada complexidade da representação interna da mão, quando comparada com outros objectos, mesmo aqueles que possuem funções de prolongamento e imitação da função natural de um segmento corporal (Warrington & McCarthy, 1987). No entanto, as orientações possíveis e impossíveis produziram um efeito na rotação mental do martelo. Os autores argumentaram que o uso do martelo, apesar de não sofrer, à partida, constrangimentos relativos a limitações anatómicas, sofre restrições de outra natureza: podem prender-se com as funções de imitação de segmento corporal atribuídas ao martelo, que o obrigam a um uso numa orientação particular para o cumprimento da função a que se destina.

De’Sperati e Stucchi (1997) desenvolveram outras experiências que implicavam tarefas de rotação mental envolvendo ferramentas (utensílios), nas quais solicitavam aos participantes uma decisão sobre se determinado movimento de uma chave de fendas representava a acção de aparafusar ou desaparafusar. Os TR revelaram-se inferiores quando a ferramenta se encontrava na direcção do observador e nas orientações

mais facilmente manipuláveis pela mão dominante. Os participantes destros tiveram melhores desempenhos quando o cabo da ferramenta se encontrava do lado direito, potencialmente mais fácil de agarrar, acontecendo o oposto com os esquerdinos. Estes resultados reflectiam os constrangimentos biomecânicos e funcionais do movimento que seria necessário para agarrar a chave de fendas, indo ao encontro dos resultados de Parsons (1994) e trazendo um contributo interessante à discussão sobre a importância dos constrangimentos físicos nos julgamentos perceptivos.

Num estudo de fMRI (Vingerhoets, DeLange, Vandemaele, Deblaere, & Achten, 2002) foram comparados os padrões de activação de participantes masculinos destros em tarefas de discriminação esquerda-direita e de decisão sobre se dois objectos manipuláveis (afia e concha de sopa), igualmente rodados, constituíam imagens iguais ou em espelho. Foi encontrada activação ao nível pré-motor e motor em ambas as condições experimentais. No entanto, os utensílios, ao contrário das mãos, activaram apenas o hemisfério esquerdo (córtex pré-motor e motor), ou seja, contralateral à mão dominante. Os resultados obtidos na tarefa de rotação dos utensílios, estímulos marcadamente diferentes dos de Shepard e Metzler (1971), e mesmo dos de Parsons (1987) sugerem que, quando é solicitada aos participantes uma tarefa de rotação mental, estes recorrem à imaginação do movimento de as agarrar para que, funcionalmente, cumpram o seu objectivo. As pessoas revelaram “agarrar” mentalmente os objectos para os rodar com a mesma mão com que o fazem nas suas rotinas diárias.

Segundo apontam os resultados, os objectos não possuem propriedades primárias mas a forma como são moldados nas representações mentais deriva das interações que o corpo estabelece com o mundo físico. Estas conclusões remetem-nos para as investigações de Murata et al. (1997) realizadas no âmbito da neurofisiologia com macacos que revelaram respostas em áreas do córtex pré-motor, face à apresentação de objectos manipuláveis, e para Warrington e McCarthy (1987) na defesa de que os objectos têm propriedades acedidas de acordo com a forma como são apreendidos, com base na experiência. Os resultados de Petit et al. (2003) confirmam que a rotação mental de alguns objectos segue as mesmas regras empíricas dos segmentos do corpo sendo, no entanto, esta, condicionada pelos constrangimentos biomecânicos impostos ao movimento.

Foi também, encontrada activação do córtex pré-motor ventral esquerdo quando os participantes observaram ferramentas familiares, com associações fortes com possíveis acções, o que estaria na base da activação de áreas pré-motoras (Grafton, Fadiga, Arbib, & Rizzolatti, 1997). Com efeito, os objectos que podem ser facilmente manipulados, tais como um livro ou uma peça de fruta, potenciam activação das áreas de córtex pré-motor mais intensamente do que outros objectos, tais como um sinal de trânsito ou um animal (Gerlach, Law, & Paulson, 2002). Da mesma forma, no domínio auditivo, a percepção musical activa o córtex motor de pianistas, que têm associações claras entre a percepção auditiva e as acções necessárias para produzir a música, mas não activa o córtex motor de indivíduos que não têm nenhuma associação entre a música e acções potenciais (Haueisen & Knösche, 2001). Assim, pelo menos para estímulos com fortes associações a eventuais acções, a percepção activa automaticamente as áreas do cérebro envolvidas na produção de acções correspondentes.

1.4 IMAGINARIA VISUAL VS. IMAGINARIA MOTORA: O DEBATE

A construção e manipulação espacial de imagens corporais podem ter origem visual e/ou somatomotora (Parsons, 1994; Wexler et al., 1998; Wolbers, Weiller, & Büchel, 2003). O contributo relativo de cada uma das modalidades (visual e motora) nos processos de simulação mental e esta relação funcional entre a IMot e IV tem vindo a ser largamente debatido, havendo vozes que defendem a dissociação (Sirigu & Duhamel, 2001) e outras que advogam a comunidade (Wexler et al., 1998; Parsons, 1994) de processos mentais envolvidos na IV e IMot. Ou seja, serão a IV e IMot processos independentes ou derivam de uma origem comum? Evidências neuropsicológicas e comportamentais têm sido encontradas e lançadas como escudo de argumento de cada uma das teses: dissociação *vs.* comunidade dos processos de IM.

A IV, como vimos, consiste na evocação interna de experiências perceptivas (Barsalou, 1998; Bartolomeo, 2002), uma representação interna da informação perceptiva (Kaski, 2002). Remete para uma transformação visual, uma construção corporal apenas com recurso à informação visual ou visuoespacial e para a natureza multimodal da representação corporal (de Vignemont, 2009). Num processo de IV, o indivíduo

estará envolvido numa visualização do movimento de um objecto não corporal ou mesmo de uma parte corporal (estática ou em movimento), na ausência, no entanto, da simulação dos aspectos quinestésicos desse movimento (Guillot & Collet, 2010; Jeannerod & Decety, 1995).

A IMot é, por outro lado, considerada um processo cognitivo activo, no qual a representação da acção é internamente reproduzida sem o *output* motor, através da activação subliminar do sistema motor (Jeannerod & Frank, 1999), sendo comumente associada ao processamento da acção (Pelgrims, Andres, & Olivier, 2005; Stevens, 2005). Estar envolvido em IMot implica a visualização do movimento através da perspectiva da primeira pessoa, incluindo, assim, representações sensoriomotoras. Tem sido definida como a simulação da acção (Curry & Ravenscraft, 1997), indo ao encontro da teoria que defende que todas as acções reais são neurologicamente simuladas, estando todos os aspectos da acção envolvidos no processo de simulação, exceptuando (apenas) a própria execução (Decety, 1996). Constitui, assim, um estado dinâmico durante o qual o participante simula mentalmente uma determinada acção sem a execução do movimento real (Gallese, 2005; Jeannerod, 2001). Implica, ainda, frequentemente, a experiência de sensações tácteis e proprioceptivas que acompanham o movimento. É importante estudar a capacidade de envolvimento em IMot na medida em que esta competência, defende-se, será condição necessária para simular internamente movimentos pela perspectiva de primeira pessoa, logo um indicador do potencial eficácia de planos de IMot no aperfeiçoamento do desempenho motor (Ietswaart et al., 2013; Malouin et al., 2007).

Já foi demonstrada equivalência funcional entre IMot e processamento de acção (Kunz, Creem-Regehr, & Thompson, 2009; Lorey et al., 2010; Young, Pratt, & Chau, 2009). Foi também já sugerido que a IMot segue os princípios básicos da Lei de Fitts (Solodkin, Hlustik, Chen, & Small, 2004; Stevens, 2005), ou seja, a duração do movimento simulado, tal como o movimento real, diminui com o aumento da complexidade da tarefa. A IMot tem demonstrado estar sujeita a manipulações posturais (de Lange et al., 2006; Ionta, Fourkas, Fiorio, & Aglioti, 2007; Parsons, 1994) e aos constrangimentos biomecânicos (Parsons, 1987; Ter Horst, Van Lier, & Steenbergen, 2010), o que não acontece com a IV. Estes efeitos podem resultar de um conflito entre as reais habilidades do corpo e da postura, no momento em que se encontram no processo de avaliação, e o movimento que está a ser imaginado (de Lange et al., 2006). Para avaliar o envolvimento em IMot, têm sido usadas as diferenças de TR

entre os estímulos laterais e mediais (Parsons, 1987, 1994; Funk & Brugger, 2008), ou, de forma orientada, a vantagem da trajectória medial sobre a lateral, já denominada MOLA (*Medial Over Lateral Advantage*: Vannuscorps, 2012).

A IMot pode também ser vista como uma combinação de Imaginaria quinesésica e visual (Callow & Hardy, 2004), atendendo a que o movimento imaginado é um misto destas informações. De forma similar, a IMot refere-se a acções que são, muitas vezes, acompanhadas de experiências visuais (dessa mesma acção) e, decorrente disso, não pode ser completamente segregada da IV (Jeannerod, 1994). Uma forma sugerida de resolver esta ambiguidade conceptual (Callow & Hardy, 2004; Jeannerod, 1994) seria distinguir entre IV e imaginaria quinesésica, em que esta se refere à experiência das sensações proprioceptivas e tácteis. No entanto, no presente trabalho, usaremos as expressões clássicas IV e IMot com o sentido que tem vindo a ser exposto.

A análise dos processos de rotação mental, em populações TD, tem procurado evidências no sentido de clarificar as questões nas quais assenta o debate relativo aos processos que subjazem às duas modalidades: IV e IMot. Diversos estudos têm colocado a tónica nas bases neuronais da IMot no sentido de a distinguirem da IV, documentando que assentam em mecanismos distintos (Kosslyn et al., 1998, 2001; Sirigu & Duhamel, 2001). Outros trabalhos têm postulado a influência fundamental do processamento motor na rotação mental (Cohen et al., 1996; Georgopoulos, Lurito, Petrides, Schwartz, & Massey, 1989; Wexler et al., 1998), independentemente do tipo de estímulo (havendo, no entanto, outras investigações que suscitam alguma ambiguidade em torno desta questão, revelando-se inconclusivas: Alivisatos & Petrides, 1997).

Tem havido, no entanto, relativo consenso no que diz respeito à estratégia encetada bem como aos processos cerebrais envolvidos nas tarefas de rotação mental de partes do corpo, que ganha peso com a activação encontrada nas áreas motoras em situação de tarefa de rotação mental de segmentos corporais, nomeadamente mãos (Parsons, 1994) e pés (Lafleur et al., 2002; Parsons, 1987).

1.4.1 PROCESSOS INDEPENDENTES

A dissociação dos processos envolvidos nas duas modalidades de IM tem sido advogada por diversos autores. A natureza do estímulo apresentado, ou o tipo de instrução, intencional e estrategicamente fornecida (Sirigu & Duhamel, 2001), orientando a realização da tarefa têm sido razões apontadas para o recurso a diferentes estratégias e, logo, diferentes processos, na IM alicerçando nestas a defesa da tese da dissociação.

Uma das hipóteses colocada relativamente ao envolvimento, independente, ou seja, sem sobreposição das modalidades, dos indivíduos em IMot ou IV deve-se ao tipo de estímulos, defendendo-se que as diferenças encontradas relativas à influência dos constrangimentos biomecânicos em tarefas de julgamento de lateralidade, por exemplo, possam dever-se a particularidades do conjunto de estímulos apresentados, que, pela sua componente corporal, induzam um envolvimento imediato em IMot. A investigação da influência da natureza do estímulo remete-nos para o estudo clássico de Kosslyn et al. (1998), que, num trabalho de rotações mentais de mãos e estímulos abstractos, concluíram a favor do envolvimento de dois processos na rotação mental: a rotação mental de objectos a três dimensões suscitou activação predominantemente nas áreas visuais, bilateralmente (lobo parietal posterior) tendo a rotação mental de mãos mostrado, adicionalmente, activação no córtex motor e no pré-motor esquerdo e nas regiões frontais superiores esquerdas. A rotação mental de mãos, depreendia-se, envolvia mecanismos de preparação do acto motor, o que não acontece com os objectos a três dimensões. O estímulo apresentado seria determinante na estratégia utilizada e, logo, no recrutamento dos processos mentais (motores ou visuais) (Kosslyn et al., 1998). Os dados sugeriam que haveria uma escolha, determinada pela natureza do estímulo, entre dois sistemas neuronais separados: sistema motor (mãos) e sistema visual (objectos), ocorrendo activação das áreas pré-motoras apenas nas situações de rotação mental de mãos, não se verificando na rotação mental de objectos.

Num estudo do papel da “graspability”⁵ (Vingerhoets, de Lange, Vandemaele, Deblaere, & Achten, 2002) recorrendo a dois tipos de estímulos – mãos e instrumentos manipuláveis – mostrou-se que as pessoas podem, voluntariamente, adoptar uma ou outra estratégia e que, quando o fazem livremente (sem especificação da estratégia a que recorrer), a estratégia prevalente é dependente do estímulo. Resultados de estudos

⁵ Apesar de não encontramos uma tradução fiel, pode ler-se como "adequação à acção de agarrar" ou "facilidade com que pode ser agarrado".

em pessoas destras mostraram que os participantes imaginavam o movimento de ambas as mãos na condição-mãos e imaginavam a manipulação dos objectos com a sua mão dominante (direita) na condição-instrumentos. Foi encontrada activação no córtex pré-motor bilateralmente na condição-mãos e activação apenas no córtex pré-motor esquerdo (responsável pelo planeamento da acção do hemisfério direito, correspondendo à manipulação mental do objectos) na condição-instrumentos.

A IMot parecia reproduzir o modo natural pelo qual a pessoa manipularia o objecto na realidade. A activação das regiões corticais durante a rotação mental indicava ser, em parte, determinada por um processo intrínseco que depende da acção sugerida pelo estímulo apresentado. Quando confrontados com objectos menos abstractos e mais susceptíveis de ser manipulados, as pessoas recorriam mais frequentemente a uma estratégia interna.

Numa outra situação experimental que implicava a rotação mental de utensílios (Creem, Downs, Harrington, Proffit, & Downs, 2000) foi encontrada activação cerebral em áreas motoras, tendo sido atribuída, em parte, ao seu potencial de representação da acção dos estímulos. Esta interpretação revela-se consistente com investigações no âmbito da neuroanatomia funcional do sistema semântico (Mummery, Patterson, Hodges, & Price 1998), bem como com estudos que ilustram que a observação de objectos manipuláveis evoca as acções para que são destinados (de'Sperati & Stucchi, 2000; Tucker & Ellis, 1998) devendo-se ao facto de estes, automaticamente, potencializarem as acções a que se encontram associados (Grèzes & Decety, 2002). Resultados de estudos que revelaram activação das áreas motoras do hemisfério esquerdo, perante a apresentação de fotografias a cores de objectos manipuláveis (Vingerhoets et al., 2002), reforçaram o conjunto de evidências que suportam que a activação das regiões corticais durante a rotação mental é, em parte, determinada, por uma activação automática, que depende das acções sugeridas pelo tipo de estímulo apresentado.

A manipulação das instruções transmitidas pode, no entanto, alterar este processo automático, intrínseco (como mostraram Kosslyn et al., 2001) desencadeando o envolvimento em estratégias de IM distintas. Tentando precisamente investigar a influência dos processos motores implícitos no reconhecimento de acontecimentos visuais, a experiência de Creem et al. (2000) foi replicada com uma variante: era referido que o instrumento não se tratava de uma chave de fendas mas de um acessório de um relógio imaginário (de'Sperati & Stucchi, 2000). Os participantes deveriam determinar se o movimento da chave levaria a uma rotação no sentido normal dos ponteiros de relógio

(*clockwise*) ou no sentido contrário (*counterclockwise*). O mesmo estímulo revelou, nesta situação, produzir efeitos diferentes nos TR: os participantes apresentaram tempos de resposta inferiores na situação em que relógio imaginário se encontrava virado de frente para eles. Tratando-se de estímulos idênticos, em que a única diferença residia na explicitação do tipo de estímulo (ferramenta utilitária ou ponteiro de um relógio), ou de forma mais orientada, do tipo de IM sugerida, concluía-se que a contribuição do sistema motor seria determinada pela interpretação da cena visual criada pelos participantes. Quando o mesmo estímulo era interpretado numa posição anatómica, tendo em vista ser manipulado pela mão, os participantes forneciam respostas mais rápidas, havendo registo de TR superiores para as orientações potencialmente estranhas para a mão dominante, na tarefa que implicava a compreensão da acção de um objecto manipulável. A mesma posição do estímulo, na segunda condição, não produziu o mesmo efeito. O sistema motor não teria sido recrutado, havendo indicadores de recurso a uma estratégia visual. Os resultados sugeriam que quando em tarefas muito semelhantes, a IMot é trazida à cena apenas em situações de simulação motora.

Em estudos de fMRI, (Cohen et al., 1996; Sharma et al., 2006), foi registada activação do córtex motor durante a realização da clássica tarefa de rotação mental de Shepard e Metzler (1971): os mesmos estímulos que, no estudo de Kosslyn et al. (1998), revelavam não recrutar processos motores na sua rotação mental aparecem aqui a implicar activação nas áreas motoras. Estes resultados colocavam a hipótese de estar em jogo dois tipos de estratégias na realização das rotações: uma que envolveria a imaginação do que se veria ao manipular o objecto (centrada no observador) e de natureza mais quinestésica; e outra com componente mais visual que implicaria a imaginação de outra pessoa (ou força externa) a manipulá-lo (centrada no objecto). Assim, os desempenhos dos participantes do estudo de Cohen et al. (1996) poderiam assentar em duas estratégias, havendo em metade deles a imaginação de si próprios rodando ou agarrando os estímulos, enquanto nos restantes, estaria presente a imaginação de outra pessoa, ou uma força exterior, a manipular os estímulos. A natureza da tarefa parecia não ser, por si só, suficiente para determinar a activação da área cerebral implicada mas a estratégia utilizada na rotação e decisão poderia ter um contributo fundamental.

Foi colocada também a hipótese da existência de duas perspectivas ou quadros de referência a influenciar a escolha da estratégia de rotação mental (Kosslyn et al., 2001b): foram apresentados estímulos em três dimensões semelhantes aos blocos de Shepard e Metzler (1971) a participantes que, ou os observavam, ou os manipulavam, rodando-os,

num eixo movido a motor. Posteriormente, era solicitado que imaginassem a rotação do estímulo visual (que era apresentado precisamente da mesma forma com a qual se tinham relacionado). Os participantes eram, deste modo, explicitamente orientados para o uso de uma estratégia interna ou externa. Os resultados sugeriram que a activação nas áreas cerebrais responsáveis pela IMot e pela IV encontrava-se relacionada com a instrução dada que orientava para a perspectiva a tomar. Quando os participantes observavam os objectos a rodar como consequência da sua própria actividade motora, o córtex motor primário (e outras áreas motoras) era activado. Imaginando os objectos a rodar em virtude da acção de uma força externa, o córtex motor primário não mostrava activação (havendo, no entanto, activação do córtex pré-motor). Duas conclusões surgiam destes resultados: 1) existem, efectivamente, dois tipos de mecanismos distintos que podem ser usados na rotação mental de objectos – um que envolve processos motores e outro que não os recruta, podendo as pessoas recorrer a uma ou outra estratégia; 2) a activação do córtex pré-motor em ambas as situações indicava, ainda, que os processos motores estariam implicados em tarefas de rotação mental de objectos. No entanto, este processamento mantinha-se num nível consideravelmente abstracto se a rotação do objecto não fosse uma consequência da própria acção manipulativa do sujeito, ou seja, circuitos neuronais distintos são activados em função da estratégia adoptada para simular mentalmente o mesmo movimento (Ruby & Decety, 2001; Sirigu & Duhamel, 2001). Pessoas com lesão selectiva no córtex parietal, sendo, à partida, incapazes de gerar uma representação mental do próprio movimento (Sirigu et al., 1996), deram respostas menos precisas quando a instrução da tarefa remetia para a imaginação na primeira pessoa (Sirigu & Duhamel, 2001). Os indivíduos com lesão no córtex infero-temporal, que levaria a um défice selectivo na capacidade de gerar imagens com conteúdo visual, apresentaram desempenhos mais pobres na simulação mental do movimento na terceira pessoa. Uma vez mais, surgem indícios do envolvimento de processos motores na imaginação da actividade realizada na primeira pessoa e de processos visuais aquando da realização na perspectiva de uma terceira pessoa.

A investigação tem, assim, sugerido que podem ser resolvidas tarefas cognitivas através de simulação motora, a qual reflecte constrangimentos e possibilidades da acção do corpo. Quando os participantes são levados a interpretar uma cena que envolve um objecto-a-observar, a tarefa de reconhecimento é acompanhada de estratégias visuais e quando a cena envolve um objecto-a-agarrar é activada uma estratégia baseada na IMot (de'Sperati & Stucchi, 2000). O tipo de estímulo tem revelado não ser suficiente

para explicar o recurso aos diferentes processos na realização das actividades de imaginação implícita, podendo a interpretação do próprio estímulo ser manipulada pela instrução transmitida. A perspectiva assumida na realização das tarefas (o ponto de vista do próprio ou da terceira pessoa) pode ter, igualmente, uma influência determinante. Há, entre a comunidade científica, autores (Cohen et al., 1996; Kosslyn, Thompson, Rodrigues et al., 2003; Sirigu & Duhamel, 2001; Wraga, & Alpert, 2001) que defendem que o contributo de cada modalidade (IMot ou IV) pode assentar em informações da percepção visual do movimento imaginado (estratégia de imaginação externa ou perspectiva de terceira pessoa) ou de informações somatomotoras (implicando uma estratégia de imaginação interna ou perspectiva de primeira pessoa).

As conclusões destes estudos levariam à proposta do recrutamento de circuitos neuronais distintos de acordo com a estratégia utilizada (possivelmente induzida pela indicação verbal expressa nas instruções ou pela natureza da tarefa) e suportam a ideia que sustenta que a estratégia a que se recorre não é função directa do estímulo usado. Neste sentido, pode adoptar-se uma estratégia (motora ou visual) baseada em quadros de referência. Quando solicitado a simular mentalmente um movimento, o participante pode “sentir-se” ou “ver-se” a realizar o movimento, podendo estar inerente a possibilidade de uma determinação social da escolha da perspectiva.

Duas modalidades de IM podem ser adoptadas, de forma independente: uma IV que envolve processos visuais, trata os estímulos como imagens e é mais centrada na terceira pessoa; e uma IMot, centrada na primeira pessoa e implicando um envolvimento mais motor e quinestésico. A IMot, sendo uma modalidade mais interna, aproximar-se-ia de situações reais e a IV, mais externa, poderia implicar a imaginação de outra pessoa a realizar (Lust, Geuze, Wijers, & Wilson, 2006; Magill, 1998), podendo ocorrer de forma independente e até manipulada.

1.4.2 UMA ORIGEM COMUM

O estudo da rotação mental (a já, anteriormente, referida rotação imaginada e não executada) de partes do corpo tem revelado que os mesmos constrangimentos biomecânicos que afectam a rotação real, por exemplo, de uma mão, manifestam-se na sua rotação imaginada sob a forma de um paralelismo entre o tempo despendido na

execução real e no movimento simplesmente imaginado. Estes resultados, apoiados por dados imagiológicos, sugeriam que o acto de imaginar um movimento corporal envolveria não apenas representações visuais, mas também motoras. Adicionalmente, estes dados suscitaram o debate sobre o eventual envolvimento mais generalizado da experiência motora em todo o tipo de rotação mental e, logo, de uma origem comum às duas modalidades: IMot e IV.

Os processos de rotação mental encontram-se, como já referido, frequentemente associados ao córtex parietal (superior e inferior) bem como às áreas pré-frontais (Cohen et al., 1996; Johnston, Leek, Thacker, & Jackson, 2004). No que diz respeito à rotação mental de partes do corpo, existe relativo consenso no registo de activação de áreas motoras na IM implícita destes estímulos corporais. A incongruência instala-se quando se trata da rotação mental de outros estímulos, como letras ou objectos abstractos.

A adopção de técnicas de neuroimagem tem dado um contributo importante e suporte biológico ao estudo das principais áreas de activação cerebral em tarefas que envolvem rotações mentais. Tem sido demonstrado, através das técnicas de PET e fMRI, activação de representações espaciais e recurso aos sistemas motores neuronais no desempenho da tarefa. Alguns estudos mostraram activação nas áreas pré-motoras e motoras durante tarefas de rotação mental de imagens bidimensionais (Johnston et al., 2004) e das figuras tridimensionais de Shepard e Metzler (1971). Foi também registada actividade neuronal no córtex motor de macacos enquanto planeavam um movimento, com recurso à rotação mental (Georgopoulos et al., 1989). Estes resultados apontavam para um envolvimento das funções do córtex motor em todas as tarefas de rotação mental e não apenas na rotação mental de partes do corpo. Mostraram ainda que a implicação do córtex pré-motor não é exclusivo do planeamento motor ou rotação mental de partes do corpo mas que também ocorre nas transformações visuoespaciais.

Tucker e Ellis (1998) demonstraram que, quando era solicitado aos observadores que indicassem se um objecto era visualmente percebido como normal ou invertido, as respostas eram significativamente mais rápidas quando eram realizadas com a mão dominante, isto é, aquela que seria usada para agarrar o objecto. Por exemplo, os participantes eram mais rápidos a responder a uma imagem de um bule de chá com a pega no lado esquerdo quando respondiam com a mão esquerda do que quando respondiam com a direita. Posteriormente, Ellis e Tucker (2000) mostraram um efeito semelhante de compatibilidade entre o tipo de resposta de acção e o tipo de abertura

de mão proporcionada por um objecto visualizado. Os participantes foram mais rápidos a responder apertando um cilindro depois de ter visualizado objectos que seriam apreendidos pela mão numa postura de preensão mais grossa (por exemplo, martelo ou garrafa) do que depois de ver objectos que seriam apreendidos com a mão em movimentos de preensão mais fina (por exemplo, parafusos, moedas ou canetas). Assim, visualizar um objecto pode desencadear o planeamento das acções associadas à preensão desse objecto.

O *priming* motor é este efeito pelo qual uma acção/movimento facilita a realização de respostas motoras similares pelo observador. Fornece evidência à hipótese da representação partilhada entre a observação e produção de um movimento ou acção. Uma experiência mais complexa, que ecoa o efeito Stroop estudou as relações entre a percepção de movimentos de outra pessoa e a produção dos movimentos por parte do observador (Stuermer, Aschersleben, & Prinz, 2000): eram apresentados aos observadores imagens de duas posturas/gestos manuais: hand spreading and hand grasping no sentido de abertura e de fechamento para agarrar (Figura 5). Cada imagem aparecia num fundo de cor diferente e era dada a indicação de abrir ou fechar as próprias mãos de acordo com a cor visualizada e não com a imagem da mão: vermelho significava fechar (movimento de agarrar, de preensão) e azul significava abrir. A rapidez das respostas era superior quando a imagem apresentada representava a resposta requerida em função da cor mostrada, por exemplo, quando o estímulo apresentado era de cor azul e a imagem era de agarramento (preensão) sendo de forma equivalente, mais lenta quando o estímulo se apresentava de cor azul e o movimento era de abertura da mão. Apesar de haver a indicação para considerar irrelevante a posição da mão, esta influenciou claramente a produção do movimento da pessoa. Não podemos, conclui-se, ignorar a acção de outros quando estas acções fazem prime (preparam desencadeiam) sobre as acções correspondentes em nós próprios.

Adicionalmente, Castiello e colegas (2002) exploraram a natureza e especificidade do *priming* motor através do estudo das respostas comportamentais a acções realizadas por um braço robotizado e por um braço humano. Em quatro experiências separadas, estes pesquisadores descobriram uma vantagem de *priming* para um braço humano, relativamente ao braço robótico: as respostas dos participantes foram mais rápidas e mais específicas quando se tratava de um modelo humano. Por exemplo, a visualização de um modelo humano levou os participantes a ajustar a abrangência do seu alcance em função do alcance do modelo observado, mas esse efeito não ocorreu quando os

participantes observaram um modelo de robô. Demonstraram, ainda, que o tempo de começar uma resposta, após essa indicação, aumenta com a complexidade da acção, o que sugere que uma acção mais complexa requer mais tempo para planejar.

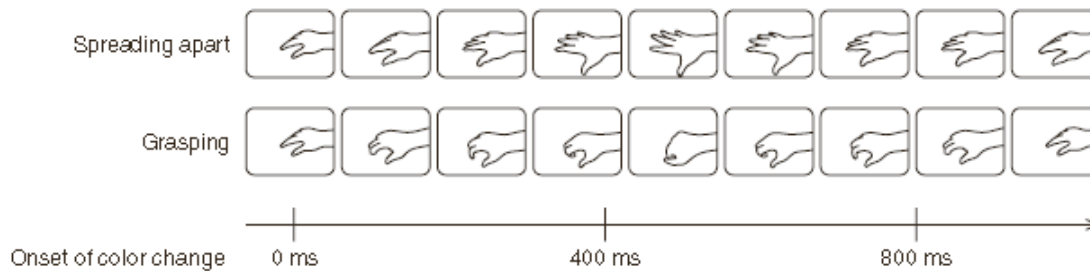


Figura 5. Representação dos estímulos usados por Stuermer, Aschersleben e Prinz (2000). Os autores mostraram aos participantes estas posições das mãos. A cor mudava para vermelho ou azul, que com pistas os participantes a compreender ou para espalhar a sua própria mão. Os participantes responderam mais rapidamente quando a posição da mão estímulo correspondia a resposta requerida.

Outros dados trazidos por estudos comportamentais com base em efeitos de interferência na tarefa suportam a relação funcional entre as transformações visuoespaciais na rotação mental e o planeamento motor (Wohlschager & Wohlschager, 2000; Wexler et al., 1998), ao demonstrar que a rotação mental é afectada pela rotação manual. Quando, numa tarefa de interferência de rotação motora e rotação mental, apresentada por Wexler et al. (1998), a mão do sujeito rodava na mesma direcção do objecto a rodar mentalmente, a velocidade da rotação mental revelava-se superior. Relativamente à situação de incompatibilidade, isto é, em que as rotações, mental e manual, tomavam direcções opostas, os sujeitos apresentavam uma taxa de erros e tempos de resposta superiores. Estes resultados sugerem que a IV e o controlo das tarefas perceptivo-motoras assentam em mecanismos comuns e que a rotação mental deve recorrer aos mesmos mecanismos do sistema motor, de forma semelhante à predição visuomotora (Wexler et al., 1998). A antecipação visuomotora revela-se, assim, um mecanismo condutor da rotação mental.

Surgem fortes evidências da inseparabilidade das duas modalidades. Para além do interesse teórico na medida em que assinala a estreita relação entre processos cognitivos e motores, é também clinicamente relevante. Exporemos seguidamente algumas evidências que podem trazer achegas a este debate.

1.4.2.1 Especialização hemisférica na IM : o contributo da PC unilateral

Vários trabalhos têm examinado os processos corticais envolvidos durante tarefas de rotação mental (Annett, 1995; Corballis & Sergent, 1988; Deutsch, Bourbon, Papanicolaou & Eisenberg, 1988; Ditunno & Mann, 1990; Fischer & Pellegrino, 1988; Kosslyn, Koenig, Barrett, & Cave, 1989; Tomasino, Vorano, Skrap, Gigli, & Rumiati, 2004). Este estudo tem sido desenvolvido, tanto em sujeitos TD, como em populações especiais (Hinnell & Virji-Babul, 2004), com o recurso a técnicas com grande resolução espacial como a fMRI (Cohen et al., 1996) e PET (Alivisatos & Petrides, 1997). Para além da actividade neuronal no córtex parietal posterior, níveis superiores de fluxo sanguíneo cerebral têm sido registados no hemisfério direito durante a rotação mental de figuras complexas (Deutsch et al., 1988) e em outras transformações visuomotoras e visuoespaciais (Harris & Miniussi, 2003; Peronnet & Farah, 1989). Evidências trazidas por investigações em pacientes com lesões posteriores unilaterais têm sugerido, igualmente, a especialização do hemisfério direito nestas tarefas (Gerardin et al., 2000; Sabaté, González, & Rodríguez, 2004; Serrati et al., 2000). Indivíduos que apresentam lesão no lobo parietal direito (Ditunno & Mann, 1990) têm revelado maior número de erros e maior latência na resposta em tarefas de rotação mental, comparativamente a sujeitos com lesão no lobo parietal esquerdo (ou participantes controlo).

No entanto, apesar de ter sido defendido o papel do hemisfério direito no processamento visuoespacial, outros estudos têm trazido resultados que o questionam. Evidência substancial tanto em participantes TD (Schluter, Krams, Rushworth, & Passingham, 2001), como em indivíduos com lesões no hemisfério esquerdo (Haaland, Elsinger, Mayer, Durgerian, & Rao, 2004; Sabaté, Gonzalez, & Rodriguez, 2004), ou com apraxias (Goldenberg, 1996; Hermsdorfer et al., 1996; Sunderland & Sluman, 2000; Tomasino, Rumiati, & Umiltà, 2003; Weiss et al., 2001) reforçaram a dominância hemisférica esquerda para o planeamento de movimento. Estudos com recurso a electroencefalografia (EEG) têm encontrado activação superior no hemisfério esquerdo durante o desempenho de tarefas de rotação mental. Esta vantagem do hemisfério esquerdo foi revelada durante a rotação de estímulos não familiares e alfanuméricos (Fischer & Pellegrino, 1988) e em estudos que recorreram a de imagens 3D (Mehta & Newcombe, 1991). Estes resultados sugeriam que as capacidades de rotação mental podiam encontrar-se comprometidas na sequência de lesões no hemisfério esquerdo,

o que não acontecia relativamente ao hemisfério direito.

Num estudo (Gerardin et al., 2000) que comparava a activação cerebral durante a IM e a execução de movimentos da mão, foi encontrada activação largamente predominante no córtex parietal no hemisfério esquerdo (córtex parietal posterior esquerdo) durante a IM. Esta predominância do lobo parietal esquerdo não tinha sido relatada em estudos anteriores (fMRI), pelo menos tanto quanto a literatura refere. No entanto, estes resultados corroboraram alguns dados encontrados no domínio da neuropsicologia que revelavam que apenas lesões no lobo parietal esquerdo originariam apraxia bilateral (De Renzi, Faglioni & Sorgato, 1982; Heilman et al., 1982, citado por Gerardin et al., 2000) e incapacidade de realizar tarefas de IM relativas a ambas as mãos enquanto pacientes com lesão parietal direita apresentaram apenas limitações na imaginação da mão contralateral (Sirigu et al., 1996) trazendo suporte anatómico para a existência de áreas no lobo parietal especificamente devotadas à IM.

Num estudo da rotação mental em participantes TD, através da técnica da divisão do campo visual, foi registado desempenho superior quando estímulos alfanuméricos eram apresentados no campo visual direito (Alexander et al., 2002; Corballis & McLaren, 1984; Fischer & Pellegrino, 1988). O estudo de Ditunno e Mann (1990) concluiu, no entanto, precisamente o inverso: respostas mais rápidas quando os estímulos eram apresentados no campo visual esquerdo. Alivisatos e Petrides (1997), numa tarefa de rotação mental de estímulos alfanuméricos, detectaram activação específica apenas na região parietal esquerda (e na cabeça direita do núcleo caudado).

Outros estudos (Corballis, Macadie, & Beale, 1985; Jones & Anuza, 1982; Peronnet & Farah, 1989), apesar de manterem o consenso relativamente ao contributo do córtex parietal, revelaram-se contraditórios ou inconclusivos relativamente à existência de diferenças significativas entre os dois hemisférios. Num estudo de ErP (*event-related potentials*), em sujeitos TD, não foram encontradas diferenças ao nível da lateralização cerebral (Peronnet & Farah, 1989), durante tarefas de rotação mental. Outros trabalhos, nos quais era medida a velocidade do fluxo sanguíneo durante o teste de Ratcliff e de rotação mental de cubos (Serrati et al., 2000), inclusivamente o teste de comparação de cubos de Shepard e Metzler (1971) sugeriam, igualmente, a não existência de dominância hemisférica consistente nas tarefas de rotação mental (Cohen et al., 1996).

Os resultados contrastantes nos estudos referidos foram interpretados (Serrati et al., 2000) em função do tipo de tarefas implicadas (algumas das quais avaliavam capacidades que extrapolavam a rotação mental), bem como das diferentes sensibilidades

das técnicas utilizadas ao desenho experimental (Harris et al., 2000) e dos estímulos em rotação.

A maioria das investigações que reportaram dificuldades na rotação mental após lesão no hemisfério direito recorreu a estímulos alfanuméricos (imagens 2D) na apresentação das tarefas de rotação mental. Alguns autores (e.g. Fischer & Di Pellegrino, 1988) chamaram, ainda, a atenção para o facto de as tarefas de rotação mental, como a de Shepard e Metzler (1971), apesar de descritas como visuoespaciais, implicarem, à semelhança de outras tarefas cognitivas complexas, um grande número de processos distintos, como a codificação, a pesquisa, a rotação, a comparação, a decisão e a resposta motora, compreendendo uma série de vias corticais e sub-corticais, cujo estudo se encontra ainda em desenvolvimento, não podendo, por isso, resumir-se à dualidade inter-hemisférica.

Em pessoas com PC, a possível questão da especialização hemisférica ganha um interesse acrescido, pela evidente vantagem de um hemisfério cerebral sobre o outro e pode trazer indicadores de elevado interesse a esta discussão. Parte significativa dos estudos que têm sido desenvolvidos com esta população, no âmbito da IM e planeamento motor tem incidido precisamente em pessoas com PC unilateral (afecção de um hemicorpo). Alguns estudos vieram levantar o véu sobre o desempenho diferenciado de pessoas com PC unilateral em tarefas de IM, tendo chamado a atenção para o facto de que indivíduos com PC hemiplégica à direita, além de manifestarem os problemas de execução motora que caracterizam as pessoas com PC (Bax et al., 2005), apresentam também défices ao nível do planeamento de acções (Crajé et al., 2009; Mutsaerts, Steenbergen, & Bekkering, 2007; Steenbergen & Gordon, 2006; Steenbergen et al., 2009). Por exemplo, em estudos de planeamento motor, contrastando com os participantes controlo que adaptavam a postura inicial da sua mão projectando o próximo movimento, os indivíduos com hemiplegia à direita, revelam preferência pela adopção de uma posição inicial confortável, em detrimento do planeamento das posições futuras, mesmo quando isso resultava numa postura final desconfortável (Crajé et al., 2010; Mutsaerts et al., 2005; Rosenbaum, Vaughan, Barnes & Jorgensen, 1992). Este padrão de desempenho encontra-se em linha com as funções associadas ao hemisfério esquerdo no planeamento de acções (Haaland & Harrington, 1996; Vingerhoets, 2008). Indivíduos com hemiplegia à esquerda (lesão no hemisfério direito) revelaram dificuldades de envolvimento em IMot, num estudo de Williams et al. (2012) o que contrasta com os resultados anteriormente reportados em tarefas de lateralidade de mãos que apresentam capacidade de IMot comprometida em hemiplégicos à direita

(Mutsaerts et al., 2007; Steenbergen & Gordon, 2006), sugerindo a necessidade da continuidade do estudo da IM nesta população.

1.4.2.2 Diferenças de gênero

Têm sido relatadas diferenças de gênero em competências espaciais (Deregowski & Sheperd, 1997, Flanagan, 2003; Levin, 2005; Parsons et al., 2004; Roberts & Bell, 2000, 2003; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995; Monahan, Harke, & Shelley, 2008) e, de forma muito particular, precisamente ao nível das rotações mentais (e.g., Halpern et al., 2007; Flanagan, 2003; Voyer et al., 1995). Estas diferenças entre desempenhos de homens e mulheres têm sido sugeridas como uma consequência da selecção sexual para estas capacidades neurocognitivas (Geary, 1995). Apesar de esta discussão exceder os objetivos específicos do nosso trabalho, abordá-la-emos numa breve revisão evitando a discussão dos determinantes das diferenças encontradas em torno da anatomia cerebral por diferenças hormonais *vs.* recurso a estratégias diferenciadas (Welsh & Elliott, 2001), ou enveredar pela ancestral dicotomia entre a biologia e a experiência. Pretende-se, apenas, uma exposição de estudos neste domínio, cujas conclusões e inconsistências, determinaram o equilíbrio de gênero que, na nossa amostra, se pretendeu assegurar.

Tem-se reunido forte evidência a favor da vantagem do sexo masculino em tarefas de rotação mental, que se manifesta através de menores TR e maior acuidade (Geary, Gilger, & Elliott-Miller, 1992; Voyer et al., 1995). A experiência subjectiva anterior no domínio das rotações visuoespaciais, nomeadamente em jogos de computador, frequentemente mais praticados por eles do que por elas, foi uma das justificações avançadas (Barnett et al., 1997; Kail & Park, 1990). No entanto, as mulheres têm revelado vantagem nas aptidões espaciais relacionadas com a memória de localização de objectos e memória de trabalho espacial (Duff & Hampson, 2001). Quando confrontadas com tarefas de rotação de estímulos bidimensionais (Roberts & Bell, 2003), as mulheres apresentaram maior activação no lobo parietal direito, relativamente ao esquerdo, revelando os homens um padrão oposto, ou seja, activação cerebral superior ao nível do lobo parietal do hemisfério esquerdo, o que sugeriu a activação de diferentes vias de processamento cerebral por homens e mulheres, nestas tarefas. No entanto, melhores desempenhos por parte dos homens em tarefas tridimensionais (Voyer et al., 1995) sugerem que é nestas tarefas que a vantagem masculina ao nível da rotação mental é mais robusta, exibindo um padrão de maior activação do lobo parietal direito nestas tarefas. Quando era dada às mulheres a possibilidade de familiarização prévia com a

tarifa, a superioridade dos homens em tarefas bidimensionais era esbatida (Roberts & Bell, 2000) o que veio revelar que a rotação mental se revela extremamente sensível à experiência e que, com a prática, as pessoas poderão tornar-se proficientes nas suas realizações, corroborando as conclusões de estudos anteriores (Finke & Freyd, 1994; Tarr & Pinker, 1989; Wexler et al., 1998) e sendo confirmadas em trabalhos mais recentes (Monahan et al., 2008).

Numa investigação do efeito de lesões bilaterais na susceptibilidade à ilusão de Müller-Lyer em homens e mulheres (Grabowska, Nowicka, & Szymanska, 1999) a ilusão revelou-se mais marcada nas mulheres com lesão em ambos os hemisférios e nos homens com lesão do hemisfério direito, comparativamente aos sujeitos TD, tendo os homens com lesão no hemisfério esquerdo apresentado um desempenho semelhante aos sujeitos controlo. A explicação avançada, e que não sugere aqui aprofundamento, para o incremento do efeito da lesão cerebral era que a disfunção no mecanismo visuoespacial causado pela lesão impediria a compensação da “falsa” percepção.

Estudos que testaram apenas homens encontraram maior envolvimento do hemisfério esquerdo na rotação mental (Fischer & Di Pellegrino, 1988) sugerindo que estas tarefas requerem a geração de uma representação mental mediada pelo hemisfério esquerdo. Parsons et al. (2004) encontraram um processamento tendencialmente bilateral nos homens em tarefas de rotação mental, avançando como possível interpretação dos resultados apresentados por Fischer e Di Pellegrino (1988) o facto de a tarefa exigir análises que ultrapassam a simples percepção de informação espacial (Parsons et al., 2004). Uma explicação adiantada para esta diferença prende-se com o facto de os recursos de processamento de informação do hemisfério direito se encontrarem mais envolvidos durante a aquisição de novos conhecimentos, havendo uma maior implicação do hemisfério esquerdo na resolução de problemas familiares (Barnett et al., 1997). Independentemente das justificações, a vantagem masculina em tarefas de rotação mental tem prevalecido.

1.4.3 IMAGINARIA MENTAL EM PESSOAS COM CONSTRANGIMENTOS MOTORES: CONTRIBUTO AO DEBATE

A IMot, como temos visto, integra processos somatossensoriais, proprioceptivos, visuais

e vestibulares (Ionta et al., 2007; Ionta, Perruchoud, Draganski, & Blanke, 2012). A estreita relação encontrada entre a simulação mental do movimento e a execução motora sugeriu que a IMot pudesse ser condicionada por constrangimentos motores (Parsons, 1994) tendo sido encontrado um paralelismo entre a simulação mental do movimento e a sua execução motora em pessoas sem problemas físicos. Esta influência das leis biomecânicas nos desempenhos de pessoas TD suscitou curiosidade relativamente à forma como decorreria um processo análogo em pessoas com constrangimentos motores especiais, que determinem limitações ou lentificação ao nível da amplitude de movimentos.

Foram estudados indivíduos com diferentes condições motoras, congénitas e adquiridas: pessoas amputadas (Nico et al., 2004), com dor crónica unilateral (Schwoebel et al., 2002), pessoas com doença de Parkinson (Dominey et al., 1995; Jeannerod & Decety, 1995), com distonia focal da mão (Fiorio, Tinazzi, & Aglioti, 2006), ou que tinham nascido apenas com uma mão (Funk e Brugger, 2002, 2008).

Funk e Brugger (2002) pretendiam responder à questão se indivíduos nascidos apenas com uma mão evidenciariam um diferencial medial/lateral (a “vantagem” das posturas mediais face às laterais, considerada uma medida dos constrangimentos biomecânicos) apenas para a mão fisicamente desenvolvida ou se tal ocorreria também para a mão em falta (Funk & Brugger, 2002)⁶. Os resultados corroboraram as conclusões das investigações desenvolvidas com sujeitos TD: os estímulos, correspondentes à mão fisicamente desenvolvida, suscitaram respostas mais rápidas do que aqueles que correspondiam à mão ausente. As pessoas a quem faltava a mão esquerda revelaram um gradiente medial-lateral apenas para os estímulos relativos à mão direita, isto é, correspondentes à mão cujas propriedades quinestésicas tinham experienciado. No entanto, os sujeitos a quem faltava a mão direita mostraram gradientes significativos para ambas as mãos. Este efeito de lateralidade pode reflectir a dominância geral do hemisfério esquerdo (Sabaté, Gonzalez, & Rodriguez, 2004; Vingerhoets, 2008), para as representações motoras, sendo indicativo das diferenças entre os esquerdinos e os destros no seu desempenho em tarefas de rotação mental de mãos (Gentilucci, Daprati, & Gangitano, 1998) e em tarefas de reconhecimento de mãos (Daprati & Sirigu, 2002). Funk e Brugger (2002) especularam que o diferencial lateral-medial para uma mão

⁶ Alguns autores propõem que em casos de aplasia unilateral (desenvolvimento incompleto de um membro), as representações sensoriomotoras do membro intacto, sustentam as sensações do membro em falta (Burchard, 1965; Melzack et al., 1997).

fisicamente nunca experienciada pode dever-se a transferência inter-hemisférica de uma representação da mão existente.

Essa comunicação inter-hemisférica pode estar na base dos relatos de membros fantasma – sensações de existência de partes do corpo ausentes – de pessoas com ausência congênita de um membro (Katz & Melzack, 1990). Crê-se, no entanto (Funk & Brugger, 2002, 2001; Funk, Shiffrar, & Brugger, 2005), que a gênese desta sensação fantasma, em pessoas com ausência congênita bilateral das mãos, pode envolver outros processos (cuja exploração não se enquadra no domínio do presente estudo).

Pacientes com amputação de membro superior geralmente mostram representações do braço e da mão muito vívidas mesmo muitos anos após a amputação (Berlucchi & Aglioti, 1997), percebendo os movimentos da mão fantasma como movimentos reais. Revelaram, de uma forma geral, TR mais longos, dando respostas menos precisas (maior percentagem de erros) na realização de tarefas de rotação mental relativas ao membro amputado, do que nas tarefas relativas ao membro preservado (Nico et al., 2004). Os participantes que tinham perdido o membro dominante revelaram maior número de erros e maior latência na resposta do que os sujeitos a quem tinha sido amputado o membro não-dominante. O estudo concluía, ainda, que a perda de um só membro, per se, não impede a IM, mas aumenta, significativamente a sua dificuldade. Mais: os indivíduos amputados desempenhavam, aparentemente, a tarefa de reconhecimento da mão usando uma estratégia de imaginação mental dos movimentos do membro intacto e posterior transferência para o outro. Para além disso, não revelaram activação do córtex primário apesar de as sensações fantasmas não dolorosas se encontrarem presentes (Brugger et al., 2000).

Algumas investigações (Schwoebel et al., 2001, 2002) tentaram determinar, igualmente, a influência de factores periféricos, nomeadamente a dor, no esquema corporal. Num estudo com doentes com dor crónica unilateral do braço, Schwoebel et al. (2002), recorrendo a uma versão modificada da tarefa de julgamento de lateralidade de Parsons (1987), pretendiam apurar se os desempenhos nos julgamentos que envolviam rotação mental de membros afectados diferiam dos relativos aos membros indolores. O desempenho na tarefa de lateralidade revelou-se sensível à existência de dor causada pelo movimento caso fosse efectivamente executado. Os resultados mostraram TR mais lentos, nos indivíduos com dor crónica, nas rotações mentais de maiores amplitudes do membro afectado (em relação ao outro) apontando para uma evidente influência da dor na representação cerebral das partes do corpo implicadas (hipótese

que tem vindo a consolidar-se progressivamente desde os trabalhos de Parsons (1987, 1994). Era realçada a contribuição da somestesia nas tarefas de decisão de lateralidade, enfatizando a interação entre o esquema corporal e a IMot de partes do corpo. Estes resultados indicavam que os efeitos da dor e do desuso não estão limitados aos efectores periféricos mas conduzem a uma reorganização central, influenciando a representação neural de um movimento.

Porque a IMot é definida como um estado em que um plano de movimento é gerado sem a sua execução motora (Jeannerod & Frak, 1999), pode assumir-se que a IMot também será prejudicada em quadros de alteração motora que implicam uma iniciação de movimento perturbada, como é muitas vezes observado na doença de Parkinson. Estudos com esta população (Jeannerod & Decety, 1995; Dominey et al., 1995) levaram a concluir que o início do movimento está comprometido devido à geração incorrecta de processos internos, o que também inclui tarefas de IMot (Dominey et al., 1995). Na verdade, foi encontrada evidência de uma capacidade reduzida para simular os movimentos do corpo nestes pacientes e maiores dificuldades na rotação mental de partes do corpo, em comparação com a rotação mental de letras ou objectos 3D (Amick et al., 2006, Dominey et al., 1995). Este padrão de resposta (maior lentidão nas rotações mentais de mãos do que de letras) revelou encontrar-se significativamente correlacionado com um fraco desempenho de IMot numa tarefa de movimento sequencial de dedos da mão (Dominey et al., 1995): pessoas com doença de Parkinson, com afecção do hemisfério direito, num teste de realização de movimentos sequenciais com os dedos de ambas as mãos, revelaram assimetria no desempenho motor (com favorecimento da mão esquerda). Na tarefa de IMot foi também revelada maior lentificação na simulação mental dos movimentos com a mão direita. Mostraram também uma redução na actividade metabólica e electrofisiológica central, aquando da execução de tarefas de IMot (Cunnington et al., 1997, 1999, 2001; Dominey et al., 1995; Samuel et al., 1997; Thobois et al., 2000). Num estudo de estimulação magnética transcraniana, Filippi et al. (2001) constataram que pacientes com doença de Parkinson apresentavam uma diminuição da excitabilidade nas áreas motoras do hemisfério afectado durante tarefas de IMot.

Um estudo recente com sujeitos com distonia focal da mão (Fiorio, Tinazzi, & Aglioti, 2006) evidenciou défices na rotação mental específicos à mão afectada, o que não acontecia com a rotação mental de outras partes do corpo (nomeadamente dos pés). Pacientes que haviam sofrido uma lesão cerebral unilateral (Sirigu et al., 1996)

revelaram, em experiências de simulação mental, marcada lentificação na simulação dos movimentos da mão contralateral à lesão, ou seja, da mão afectada.

Os estudos apresentados, desenvolvidos com populações especiais, reforçam a partilha de estruturas neuronais entre a execução motora e a IMot. Esta é uma questão cuja resposta tem elevado interesse para a compreensão da realidade de crianças que, por origem congénita, ou, muito precoce, se viram privadas das experiências activas básicas e de exploração autónoma do mundo, como acontece nos quadros de PC.

O estudo da IM e planeamento de acção em indivíduos com PC só recentemente ganhou atenção dos investigadores e os dados existentes, nem sempre consistentes, carecem de replicação e aprofundamento. Martins et al. (2005) conduziram um estudo no qual compararam um grupo de pessoas com PC com um grupo de indivíduos TD, em duas tarefas de rotação mental: (1) rotação de letras (Fs e Rs tridimensionais); (2) rotação de mãos (fotografias realistas). Os resultados mostraram padrões idênticos dos TR nos dois grupos: um típico efeito de rotação nas letras (elevação linear do TR em função do ângulo de rotação) e um aumento do tempo nas rotações de maior dificuldade biomecânica, no caso das mãos. Em ambas as tarefas, os TR dos indivíduos com PC foram significativamente superiores. Globalmente, os resultados apontavam para: (1) a utilização de processos fundamentalmente idênticos nos dois grupos de participantes; (2) o envolvimento de uma imaginaria visual, mas também motora, nos dois grupos, evidenciado pelo desempenho na tarefa de rotação de mãos mostra; (3) um efeito geral das limitações da motricidade que se estende à rotação das letras.

Os dados obtidos nestas experiências (Martins et al., 2005) revelavam-se, em parte, concordantes com estudos anteriores (Parsons, 1994) e remetiam para os efeitos dos constrangimentos biomecânicos na imaginação do movimento, sustentando a hipótese de o esquema corporal se encontrar na base da IM, da qual não pode dissociar-se. Os autores reportaram, entre outros resultados, um padrão similar de TR (entre os grupos) com uma lentificação geral da IMot nos participantes com PC, bem como uma correlação significativa entre o declive na tarefa de rotação de letras e os TR na tarefa de mãos no grupo PC, contrastando com correlações nulas no grupo de controlo. As semelhanças qualitativas assinaladas no padrão cronométrico dos dois grupos eram, assim, fortemente sugestivas de esquemas de planificação e execução motora (Parsons, 1994) genericamente equivalentes nos dois grupos de participantes, semelhança que se estendeu plausivelmente à “fenomenologia” da dificuldade subjectiva de produção das diferentes posturas (Martins et al., 2005). Esta semelhança qualitativa não impedia

que a tarefa de rotação de mãos se revelasse comparativamente mais difícil para os participantes com PC. A revelá-lo, surgiam as taxas de erros consistentemente superiores e, em larga medida, as latências de resposta aumentadas em todos os pontos de vista considerados. Esta dificuldade acrescida podia interpretar-se coerentemente como a expressão dos constrangimentos específicos da motricidade dos participantes com PC – espelhando, no curso temporal da simulação, a maior lentidão do movimento e, nas taxas de erro superiores, a menor exactidão da acção real. Isto é, a simples imaginação de um membro numa postura específica ou orientação espacial, ou mesmo uma letra, um estímulo visual, automaticamente convidam a participação do sistema motor.

Encontrava-se em debate, na comunidade clínica e científica, uma questão directamente associada à do ponto que nos encontramos a discutir: durante o processo de rotação mental, as pessoas com PC estarão envolvidas em IMot ou, em alternativa, recorrem a uma estratégia visual? Juntamente com a dificuldade quantitativa global observada nas tarefas, os resultados de Martins et al. (2005) foram interpretados como favoráveis a uma IV e visuomotora no grupo PC. No contexto das contribuições para esta discussão, a IMot foi, mais recentemente avaliada em indivíduos com hemiplegia esquerda e direita (Mutsaerts, Steenbergen & Bakkering, 2006, 2007), usando imagens de mãos vistas pela perspectiva da palma (supinação) e das costas (em pronação). Os resultados mostraram um aumento linear do TR em função do ângulo de rotação nos participantes com hemiplegia à esquerda, mas não em indivíduos com hemiplegia direita, o que sugeriu a conclusão que a IM estava comprometida no grupo de hemiplégicos direitos, mas não no grupo de hemiplégicos esquerdos. Num estudo similar de Steenbergen, Van Nimwegen e Crajé (2007), no qual utilizaram apenas as imagens das mãos de vistas de costas, foi encontrado um crescimento linear dos TR em ambos os grupos de hemiplégicos. No entanto, como não havia assimetria nas respostas a estímulos de mão esquerdas e direitas, os autores (Steenbergen et al., 2007) concluíram que esses participantes podem ter utilizado uma estratégia alternativa para resolver aquela tarefa de rotação mental, isto é, uma estratégia IV na rotação mental de mãos vistas pelas costas, o que viria, em parte, ao encontro dos resultados diferenciados encontrados em função do ponto de vista (Martins et al., 2005).

1.5 A IMAGINARIA MENTAL COMO INSTRUMENTO DE HABILITAÇÃO: O TREINO MENTAL

E os meus pensamentos são todos sensações.

(...)

Penso com os olhos e com os ouvidos

E com as mãos e os pés

E com o nariz e a boca.

E me deito ao comprido na erva,

E fecho os olhos quentes,

Sinto todo o meu corpo deitado na realidade.

Alberto Caeiro (1993)

A IMot é, para alguns autores (Annett, 1995; Crammond 1997; Jeannerod 1994), um processo cognitivo que pode ser experienciado por qualquer pessoa, através de treino. Pode estar presente em muitas situações vividas diariamente, como sejam preparar ou antecipar os efeitos de um movimento, observar a acção de alguém, com intenção de a imitar, ou mesmo evocar uma acção.

Tem sido largamente estudada a eficácia do treino mental através da avaliação dos resultados da imaginação dos movimentos na realização efectiva (física) e o contributo que pode dar ao incremento dos desempenhos, isto é, à produção real do movimento (Page et al., 2007; Sharma et al., 2006). Há evidências de que a estrutura de determinados circuitos cerebrais pode mudar em resposta a estímulos ambientais (Chen, Cohen, & Hallet, 2002). O treino mental, como criação interna da acção, tem sido aplicado como técnica de aprendizagem de habilidades motoras em vários domínios, e tem revelado produzir modificações no padrão global de estruturas cerebrais envolvidas na execução dos movimentos.

A literatura na área da psicologia do desporto (Driskell et al., 1994) tem demonstrado, essencialmente no treino desportivo de alto rendimento (MacIntyre & Moran, 2000; Orlick & Partington, 1988), que a IMot, quando combinada com a prática física, traduz-se no desenvolvimento das habilidades motoras e optimizações do desempenho. Estes estudos têm mostrado, na sua generalidade, que as pessoas que praticam uma determinada tarefa apenas mentalmente, revelam progressos menos significativos do que os que praticam fisicamente, no entanto, os estudos são convergentes relativamente às vantagens da combinação da IMot com a prática motora, resultando em desempenhos superiores à ausência de treino mental.

Diferentes trabalhos realizados no domínio da neurofisiologia da acção têm constatado a activação das mesmas regiões cerebrais implicadas na planificação e na realização das acções. Vários estudos indicam que a preparação motora (planificação) e a simulação mental da acção envolvem os mesmos processos e os mesmos recursos representacionais que se encontram implicados na execução motora, propriamente dita (Decety, 1996, 1998; Hesslow, 2002), sendo encontrado um nível de codificação comum entre a realização intencional de uma acção e a sua planificação e antecipação. Um estudo com pianistas (Meister et al., 2004) pretendia identificar a rede cerebral activa durante o desempenho ao piano e durante a sua IM (leitura de notas musicais). A activação cortical encontrada na IM correspondeu à do desempenho real (com excepção da área sensoriomotora, activa apenas no desempenho motor), tendo sido, à semelhança de investigações anteriores, mais marcada na situação de realização, o que reflecte o maior nível de integração visuomotora requerida durante a execução motora.

Foi documentada activação do córtex motor durante a ideação do movimento (Leonardo et al., 1995), nomeadamente modificação na actividade das células corticais do córtex motor primário do macaco, durante o período preparatório do movimento em direcção a um alvo memorizado (Georgopoulos et al., 1989). O cerebelo revelou desempenhar um papel importante na execução, bem como na pré-execução de programas motores (Luft et al., 1998). As conclusões que sugerem a existência de uma relação neuropsicológica entre a imaginação e a execução dos movimentos, nomeadamente a partilha de mecanismos neuronais comuns entre a IMot e o planeamento motor, realçam a importância da IMot na intervenção junto de pessoas com limitações motoras.

Existem indicadores de um aumento selectivo da resposta à estimulação das áreas corticais motoras durante a IMot: por exemplo, o aumento do tamanho das áreas responsáveis pela resposta aos movimentos dos dedos através da repetição da simulação dos movimentos, como sucede com a repetição dos movimentos reais (Pascual-Leonne et al., 1995). É, igualmente, revelado um incremento da estimulação magnética subliminar da área cortical correspondente a determinado músculo da mão sobre o qual a pessoa se concentra (Gandevia & Rothwell, 1987), o que indicaria que os comandos motores poderiam ser, com muita precisão, monitorizados e fraccionados em músculos individuais (neste caso, da mão) sem necessidade de recurso a feedback aferente. Esta capacidade pode revelar-se muito importante na organização e aprendizagem, ou reaprendizagem, de tarefas de precisão e manipulação fina, nomeadamente movimentos sequenciais de dedos, mãos e braços (Mulder et al., 2004; van Mier, Dreezens, & van den Heurik, 2001).

Mulder et al. (2004) tentaram estudar as potencialidades do treino mental na aprendizagem de um movimento motor completamente novo: abdução do dedo maior do pé direito dominante. Os participantes que não tinham esta capacidade adquirida melhoraram, significativamente, o seu desempenho com o treino físico. Aqueles que tinham já alguma prática na tarefa melhoraram significativamente com o treino mental. A prática mental, isoladamente, revelou-se insuficiente.

Na realidade, a progressiva compreensão dos mecanismos subjacentes aos ganhos nos desempenhos, após o treino mental, sugeriu a proposta desta técnica na reabilitação física de indivíduos com défices motores. Page, Levine, Sisto e Johnston (2001) relatam uma experiência de um programa de prática mental, realizado durante três semanas, que, quando combinado com a prática motora, conduziu a melhorias na postura de indivíduos com curvatura anormal da coluna vertebro-medular. Surgiu com muito interesse a aplicação de práticas de IMot como técnica de neuro-reabilitação para melhorar a recuperação motora em pacientes adultos com sequelas de acidente vascular cerebral (AVC) (e.g., Sharma et al., 2006; De Vries & Mulder, 2007; Zimmermann-Schlatter et al., 2008; Dijkerman et al., 2010; Jackson et al., 2001; Sharma et al., 2006).

Ainda que os efeitos motores de uma lesão cerebral possam variar, dependendo do tipo, severidade e localização da lesão, a IMot envolvendo movimentos de braços e pernas enfraquecidos, após lesão, tem revelado facilitar a recuperação funcional dos membros afectados (Stevens et al., 2003). A eficiência do treino mental tem sido demonstrada, em várias outras situações, na recuperação de capacidades motoras e na promoção dos desempenhos quando combinados com a prática física (Byl et al., 2003; Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon, 2001; Jackson, Doyon, Richards, & Malouin, 2004; Liu, Chan, Lee, & Hui-Chan, 2004).

Na reabilitação de doentes neurológicos (Jackson et al., 2001; Sharma et al., 2006), observações clínicas e estudos de neuroimagem de adultos hemiplégicos sugerem que a reabilitação da função é, frequentemente, acompanhada por uma mudança substancial nas áreas motoras cerebrais. Crê-se que essas mudanças decorrem de um processo de substituição ou reorganização no qual as redes neuronais se reorganizam no sentido da compensação dos neurónios lesados, sendo largamente entendida como o mecanismo responsável pela reabilitação funcional em adultos com lesão cerebral (Kolb, 1992). Este processo é potenciado através de estratégias de estimulação externa, facilitadoras do processo de reabilitação.

Foi demonstrada melhoria da função motora do membro superior após treino combinado de fisioterapia e IMot nestes pacientes (Page et al., 2007), bem como mudanças ao nível da activação cortical após dez semanas de IMot (Page et al., 2009). De forma complementar, após intervenção com recurso a terapia de movimento induzido por restrição (CIMT) (Aarts, Jongerius, Geerdink, van Limbeek, & Geurts, 2010; Hoare, Wasiak, Imms, & Carey, 2007) foi reportado um aumento significativo no volume de substância cinzenta em várias regiões, incluindo as áreas bilaterais primárias sensoriais e motoras, hipocampo e área motora anterior suplementar contralateral ao hemicampo afectado motor (Gauthier et al., 2008). No mesmo sentido, Nelles et al. (2001) mostraram que após a realização de treino de movimentos com o braço afectado, indivíduos com hemiplegia grave apresentaram alterações no fluxo sanguíneo cerebral.

Outros estudos realizados com pessoas com hemiplegia, na sequência de lesão cerebral (Decety & Boisson, 1990; Sirigu et al., 1996), revelam que estas retêm a capacidade de gerar imagens motoras de acções, mesmo que não as possam executar e activar as regiões do sistema motor parcialmente lesadas requeridas para o planeamento do movimento. Esta activação, crê-se, pode facilitar mudanças na estratégia computacional (Johnson, Sprehn, & Saykin, 2002), no seio de redes neuronais parcialmente lesadas. A IMot tem sido sugerida, nesse sentido, como alternativa à reabilitação convencional (Johnson-Frey, 2004), ou como estratégia complementar, pelas potencialidades de estimulação das regiões cerebrais normalmente envolvidas no planeamento e controlo dos movimentos do membro paralisado. Na base deste investimento encontram-se duas assunções: 1) a IMot e a realização efectiva dos movimentos envolvem circuitos neuronais comuns; 2) os pacientes hemiplégicos conservam a capacidade de imaginar os movimentos que já não podem realizar.

Um estudo da Feinberg School of Medicine and the Rehabilitation Institute of Chicago (Stevens & Stoykov, 2003) recorreu a um programa de treino de IMot com pessoas com hemiplegia. Partindo do pressuposto de que as acções geradas através da IMot aderem às mesmas regras e constrangimentos impostos pelo movimento físico, e que as redes neuronais envolvidas na IMot e na execução motora se sobrepõem nas áreas cerebrais implicadas no movimento, a intervenção tinha como alvo o nível cognitivo do processamento da acção. Recorreram, para tal, a um programa de treino ao nível da IMot no qual os participantes eram solicitados a imaginar a sua mão a completar movimentos apresentados no ecrã ou a imaginar o seu braço comprometido por indução a partir da imagem reflectida em espelho do braço funcional.

Após a intervenção, verificou-se melhoria no desempenho do membro afectado através de TR inferiores e maior funcionalidade nas realizações. Estes efeitos comportamentais foram associados à intervenção através da simulação mental. Concluiu-se que a intervenção terapêutica com recurso a simulação motora nas primeiras fases da recuperação (primeiros seis meses) poderá vir a otimizar estes efeitos.

Como podemos ver, a IMot deixou, há algum tempo, de ser um resíduo exclusivo do domínio experimental desde que as neurociências cognitivas abriram este novo capítulo de estudo. Retomando o exposto no início do capítulo, podem distinguir-se duas importantes modalidades de IM: uma visual (IV) que, grosso modo, corresponde à observação da realização de uma acção, podendo assim ser considerada externa, uma vez que se remete a uma terceira pessoa, e uma modalidade motora (IMot) que dirá respeito à simulação da própria acção, daí ser considerada interna, porque se reporta à primeira pessoa. Existem indicadores que apontam para um melhor desempenho quando a imaginaria é praticada segundo a perspectiva da primeira pessoa do que da terceira pessoa (Ietswaart et al., 2013; Malouin et al., 2007). Tem sido, para além disso, considerado que ambas as perspectivas são importantes quando se recorre a treino através da IMot, mas desempenham papéis diferentes: a perspectiva de terceira pessoa (IV) pode facilitar a aprendizagem de competências novas enquanto a IMot pode ter eficácia superior na recuperação de processos de coordenação motora (Liu, Chan, Lee, & Hui-Chan, 2004). No entanto nem sempre, como já vimos, a diferença entre IV e IMot consegue ser estabelecida de forma apurada e clara.

Pessoas com PC também revelaram capacidade de envolvimento em processos de IMot, nomeadamente, em estudos de julgamento de lateralidade de mãos (Martins et al. 2005). De forma articulada com as experiências de sucesso da aplicação de práticas de IMot junto de outras populações clínicas (Dominey et al., 1995; Funk & Brugger, 2008; Johnson-Frey, 2004; Malouin & Richards, 2013; Nico et al., 2004), bem como com a demonstração de que partes do corpo que nunca foram fisicamente desenvolvidas podem ser representadas nas áreas corticais motoras e sensoriais (Brugger et al., 2000), a IMot tem sido sugerida como uma técnica com potencial de aplicação ao nível habilitação da função motora em pessoas com PC (Martins et al., 2006; Steenbergen, Crajé & Gordon, 2009). No entanto, não encontramos ainda, evidências da intervenção com IMot nesta população.

2. Representações dinâmicas da acção: o Momento Representacional

Practically everything of any interest in the visual world moves.

Ehrenstein (2003, p. 44)

Da minha aldeia vejo quanto da terra se pode ver no Universo...

Por isso a minha aldeia é tão grande como outra terra qualquer

Porque eu sou do tamanho do que vejo

E não do tamanho da minha altura...

Nas cidades a vida é mais pequena

Que aqui na minha casa no cimo deste outeiro.

Alberto Caeiro (1993, p. 30)

O Homem existe num mundo tridimensional, complexo, cheio de estímulos que se movem constantemente. Esta existência é, por vezes, estrangida por invariantes físicos (Amorim & Wexler, 2001) que terão sido, precocemente, interiorizadas pelo homem e prevalecido ao longo da evolução biológica. Entre estes estrangimentos, é de crucial importância a componente cinemática, geradora de deslocamentos ou transformações espaciais entre objectos ou entre objectos e o indivíduo. Mais adaptativo do que conservar uma imagem fixa de objectos durante a evolução, seria a interiorização no sistema cognitivo de transformações espaciais e dos princípios físicos invariantes como a velocidade, a inércia ou a gravidade.

As experiências quotidianas e a própria selecção natural poderão ter-nos dotado da capacidade de compreensão das propriedades dos objectos e da forma como estes se movem, bem como ter permitido a interiorização das leis do movimento. A representação de deslocamentos rígidos ou de transformações espaciais poderá ser mais simples do que a de objectos estáticos, podendo ser definida considerando os graus

de liberdade do meio ambiente (Amorim & Wexler, 2001). Esta será, muito possivelmente, a dimensão mais importante e poderosa dos estímulos visuais. No entanto, muitas situações experimentais vêm também revelar que as pessoas transportam crenças erradas acerca das leis do movimento, que manifestam quando se envolvem em tarefas que avaliam essas crenças, de forma implícita.

2.1 TEMPO E MOVIMENTO NAS REPRESENTAÇÕES DINÂMICAS

Time represents time.

Freyd (1983, p. 110)

As representações perceptivas incluem uma dimensão temporal. Uma reconceptualização monista da representação mental baseia-se no papel central do tempo. Assim, processo e representação não são aspectos separados, sendo o tempo uma dimensão integrante e indissociável de qualquer representação mental Freyd (1987, 1993). Constituindo uma dimensão do mundo externo, inseparável de outras dimensões físicas, o tempo é, também, dimensão no mundo representado. Assim, as representações dinâmicas constroem-se incluindo aspectos temporais.

O MomRep exprime um isomorfismo de segunda ordem entre a representação mental e os invariantes do mundo físico, entre as quais o tempo ocupa um lugar de destaque, que se projecta num isomorfismo temporal entre os mundos externos e interno (Freyd, 1983). Uma das explicações inicialmente avançadas para o efeito MomRep ancorava-o numa origem filogenética, reflectindo uma internalização adaptativa dos princípios do momento físico no sistema visual (Kelly & Freyd, 1987). Esta perspectiva foi, posteriormente, questionada em detrimento de uma explicação não como um resultado da selecção natural, mas mais como uma característica necessária de um sistema representacional com coerência espaciotemporal, da mesma forma que o momento físico é uma propriedade dos objectos integrantes do mundo. As representações mentais são activas e não estáticas na mente, com uma representação *online* do mundo real, e por isso, naturalmente dinâmica. A representação desse presente

dinâmico e de uma antecipação do futuro torna o tempo uma dimensão inerente ao processo (Freyd, 1983).

A noção de Representação Dinâmica foi descrita, pela primeira vez, por Freyd (1984, 1987) e encerra as dimensões de tempo e movimento. Uma representação invocará uma ausência, ou seja, torna presente algo que não está, podendo constituir a tradução mental de uma realidade externa percebida. Estes aspectos remetem-nos para a sua origem etimológica, latina, *representatio, representationis*, que significa “fazer as vezes de”, “suprir falta de”, “apresentar-se no lugar de”, “fazer presente”, ou, apenas, “acção ou efeito de representar”, que, como recuperado por Clark (2011), dá à representação, um carácter subjectivo e orientado para a acção. O conceito de representação mental partirá da premissa de cada observador ser dotado de competências de interacção com ambientes dinâmicos.

As representações perceptivas são imbuídas de dinamismo (Freyd & Finke, 1984, 1987; Shepard, 1984), pelo que mesmo os estímulos estáticos, como vimos anteriormente, invocam representações mentais dinâmicas. Neste âmbito, a representação dinâmica sugere que as representações mentais integram analogias com as leis da física e com a actuação dinâmica dos objectos físicos. O termo dinâmico reporta-se a uma natureza da representação não estática e que mantém relações próximas com conceitos da física como força e energia do movimento. Em física, a dinâmica é um ramo que estuda o movimento de um corpo e as suas causas, as forças. A expressão (dinâmica) implica uma oposição muito clara a um possível carácter estático das representações, enfatizada pela natureza cinemática e, obviamente, imbuída de dinamismo. A cinemática, enquanto domínio da física, ocupa-se da descrição dos movimentos dos corpos, cerceando a análise das suas causas e implicando as questões da velocidade, da aceleração ou deslocação. O carácter cinemático e dinâmico que os eventos e objectos físicos manifestam, é analogamente incorporado pelas suas representações mentais, contendo não apenas informação visual, mas também de natureza dinâmica, na sua vertente temporal com implicações directas das causas do movimento na fita do tempo.

O estudo das representações mentais dinâmicas (Freyd, 1987; Freyd & Finke, 1984, Hubbard, 2005), iniciado já pelo conceito de representação analógica de Shepard (1975, 1984), em particular da memória da posição de um alvo em movimento, tem-se constituído como um domínio privilegiado do debate sobre a hipótese de internalização (Hubbard, 2005). Shepard (1984) falava da noção de constrangimento interiorizado, defendendo que algumas actividades cognitivas como perceber, imaginar, pensar ou

até sonhar, pudessem ser guiadas por interiorizações de constrangimentos invariantes presentes no mundo. Um isomorfismo entre a representação e o representado (Shepard, 1975) justificaria uma similitude estrutural entre eventos e objectos internos e externos. Assim, o conceito de Representação Dinâmica sugere que as representações mentais podem incorporar analogias com os objectos físicos e os eventos reais, e com o seu comportamento dinâmico, determinado pelas leis da física pelas quais se regem.

Tem sido proposto que as representações mentais da acção desempenham um papel crítico numa série de processos de controlo motor, que incluem a imitação, a aprendizagem por observação (Jeannerod, 2001), ou o planeamento motor (Wolpert & Ghahramani, 2000). Estas representações são actualizadas como resultado de interacções com o meio ambiente e com as mudanças na cinemática do corpo (Choudhury, Charman, Bird, & Blakemore, 2007; Miall & Wolpert, 1996; Wolpert, Ghahramani, & Jordan, 1995). Num universo carregado de estímulos dinâmicos, a existência de objectos em movimento constitui, para o nosso sistema visual, um apelo constante à capacidade de mobilização, antecipação e planeamento. As constantes alterações dinâmicas do ambiente exigem acções apropriadas por parte do organismo, pelo que a detecção e interpretação destes estímulos e o seu processamento visuomotor têm uma importância crucial no planeamento de acções adequadas e adaptativas. A representação dinâmica de um movimento implica, frequentemente, a realização de inferências cognitivas acerca do evento e a predição de movimentos futuros. Muitas têm sido as hipóteses levantadas com o intuito de responder à questão relativa ao modo como poderemos planear mentalmente uma acção motora e aos mecanismos que permitirão a antecipação das consequências visuais de um movimento ou de uma sequência de movimentos (Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001; Johnson, 2000; Jordan et al., 2002; Prinz, 1994; Toussaint, Tahej, Thibaut, Possamai, & Badets, 2013; White, 2012).

2.1.1 ERROS DE LOCALIZAÇÃO

Alguns fenómenos psicofísicos e de percepção espacial têm mostrado evidências empíricas relativamente às representações dinâmicas, nomeadamente à sua manifestação através de erros de localização. O *Flashlag Effect* (Nijhawan, 1994; Whitney, Murakami,

& Cavanagh, 2000) encontra-se nesse conjunto de fenómenos e pode ser descrito da seguinte forma: um objecto móvel é mostrado ao observador e a determinado ponto do seu trajecto, aparece um flash estático, em alinhamento espacial com o objecto em movimento. Ao solicitar-se que o observador indique a localização do objecto móvel aquando da apresentação do flash, o resultado frequente é uma tendência de localização à frente da posição real do flash, sugerindo uma extrapolação do movimento do objecto. Uma hipótese adiantada que justificaria este desfasamento prendia-se com a compensação dos atrasos neurais (Hubbard, 2006; Nijhawan, 1994, 2002), a que regressaremos adiante, que possibilitaria, se houvesse necessidade de uma intercepção motora com o objecto, que essa interacção fosse exercida no local e momento exactos.

O *Fröhlich effect*, constituindo outra modalidade no contexto das representações dinâmicas, manifesta-se quando a memória da localização espacial de um alvo, no seu início, é desfasada no sentido do seu movimento (Müsseler & Aschersleben, 1998; Müsseler, Stork, & Kerzel, 2002). Ou seja, manifesta-se quando aos observadores é solicitada a localização da posição inicial de um alvo em movimento, e estes referem não a posição de início, mas uma posição à frente desse local, sugerindo que a trajectória do objecto móvel terá sido extrapolada para diante. Este tipo de resposta tem sido interpretado como um fenómeno de desvio atencional de um objecto em movimento, cuja localização mudou, em consequência de uma distância já percorrida aquando da mudança do foco de atenção. O *Onset Repulsion Effect* (Hubbard, Blessum, & Ruppel, 2001; Hubbard & Ruppel, 2011; Thornton, 2002) refere-se a um fenómeno semelhante mas no sentido oposto ao do movimento: quando um observador deve localizar as posições inicial e final de um objecto em movimento, é, frequentemente, encontrada uma localização do ponto inicial muito “cedo”, isto é, atrás do trajecto correcto do movimento observado.

Inicialmente descrito por Intraub e Richardson (1989), o *Boundary Extension Effect* (Intraub, Gottesman, Willey, & Zuk, 1996; Intraub, 2002), refere-se a um outro erro espacial que remete para a expansão em memória do contexto de uma cena ou objecto. Neste caso, após a apresentação de uma cena ou fotografia, os participantes tendem, no momento da evocação, a expandir o enquadramento global, “recordando” a cena como contendo mais informação do que a que, de facto, possuía na apresentação, ultrapassando a sua moldura. No *Boundary Extension Effect*, para possibilitar a percepção de um mundo contínuo, os mecanismos corticais extrapolam informação com previsões do ambiente para lá do que é visível. Momentos após o visionamento,

o observador recorda a cena como contendo mais elementos ou *mais da própria cena* do que o que de facto, estava presente no input físico, sendo este fenómeno também denominado *Boundary Extension Illusion* (Intraub & Richardson, 1989). Por exemplo, após observada uma fotografia, as pessoas recordam uma perspectiva mais expansiva do que a que fora inicialmente mostrada, contendo, por exemplo, mais espaço de fundo (Intraub & Richardson, 1989) ou informação adicional (Intraub, 2002) ou margens circundantes mais alargadas (Intraub, Hoffman, Wetherhold, & Stoebs, 2006), podendo, desta forma, reflectir, aspectos dinâmicos da representação mental.

Por haver uma evocação de forma errada (falsa) da primeira cena, o *Boundary Extension Effect* tem remetido para o contexto das falsas memórias (Intraub et al., 1996). As falsas memórias podem derivar da intervenção de processos visuais de alto nível que extrapolam a apresentação espacial visualizada para além dos limites de uma determinada cena. Mecanismos corticais estarão envolvidos nesta extrapolação para previsões acerca da imagem para além das suas fronteiras, completando as informações em falta (Park et al., 2007). A ocorrência deste fenómeno poderia, assim, reflectir um esforço cerebral para superar os constrangimentos físicos do nosso sistema visual, numa representação de um mundo contínuo e completo, podendo, com base neste pressuposto, constituir um exemplo de uma nova classe de princípios da *Gestalt* (Hubbard, 2011).

Os erros de julgamentos produzidos a partir de “falsas memórias” (Intraub et al., 1996; Roediger, 1996) têm um valor adaptativo, nomeadamente por fornecerem uma representação antecipatória de perspectivas futuras. Muitos dos erros de estimação cometidos pelos observadores podem derivar da interiorização das dinâmicas corporais (ver Hecht & Bertamini, 2000), como produto de uma compreensão das interações baseadas em experiências subjectivas de agir sobre objectos (White, 2012). Porque a compreensão das interações entre objectos se baseia nas experiências de actuação sobre eles, na apologia de White (2012), os julgamentos explícitos gerais, sobre esses movimentos causados externamente, podem derivar de uma correspondência entre as representações armazenadas nessas acções (sobre os objectos) que fornecem informações sobre as forças envolvidas.

Estes fenómenos suscitaram várias interpretações, nomeadamente como tratando-se de uma evidência de processos antecipatórios encetados pelos indivíduos, no domínio da percepção e cognição (Intraub, 2002). De forma associada a estes fenómenos, encontramos alguns trabalhos sobre a externalização de dinâmicas corporais (Hecht & Bertamini, 2000; Kerzel & Hecht, 2001). Quando perante uma representação

esquemática do lançamento de uma bola por um indivíduo, o observador era solicitado a assinalar em que ponto da trajectória esta atingiria a sua velocidade máxima, estes indicavam regularmente um ponto já significativamente afastado da mão do sujeito que a lançara. A explicação para este resultado assentou numa estimativa subjectiva da velocidade do braço após o lançamento (Hecht & Bertamini, 2000), ou seja, os observadores evocavam o efeito de um momento que ocorreria para lá da “fronteira” da cena.

Os erros de estimativa denunciaram uma extrapolação da trajectória do objecto para diante, no caso do *Fröhlich effect*, bem como do Momento Representacional, de que nos ocuparemos, adiante. Na eventualidade de o objecto necessitar de uma interacção motora, este desfazamento visual possibilitaria o exercício da acção *hic et nunc* (momento e local adequados), havendo, desta forma, a compensação dos possíveis atrasos na transmissão neural (Nijhawan, 1994, 2002).

Uma das modalidades mais conhecidas, de erros de estimativa, e que veio a constituir-se como um fenómeno de referência das representações mentais dinâmicas é o Momento Representacional que constitui um dos pilares de relevo do presente estudo e que descrevemos em detalhe na secção seguinte.

2.2 MOMENTO REPRESENTACIONAL

Há uma lei natural conhecida como lei da inércia. Quando alguma coisa se encontra em determinadas condições de existência tende a conservar-se nesse estado, quer esteja em repouso quer esteja em movimento. Essa lei aplica-se igualmente para seres humanos. (...) O homem é uma porção de matéria no estado de repouso e nem sempre se quer mexer.

Mas quando aquecemos e começamos realmente a andar verificamos que a inércia é como o sistema propulsor de um foguetão dentro de nós... É mil vezes mais fácil continuar a avançar do que iniciar o movimento. (...) Se um homem imagina um plano de acção, reconhece um dever, abraça uma causa, veremos cada órgão do seu corpo e cada faculdade do seu espírito começar a trabalhar mais eficaz e suavemente que nunca. Montapert (1982)

Localiser un objet dans l'espace c'est simplement se représenter les mouvements qui seraient nécessaires pour l'atteindre. Ce n'est pas une question de se représenter les mouvements eux-mêmes mais simplement les sensations musculaires qui les accompagnent.

Poincaré (1907, citado por Berthoz, 2010)

Tem sido registado que, após o desaparecimento súbito de um alvo em movimento, este é, tipicamente, recordado como tendo-se deslocado mais do que realmente o fez (Freyd & Finke, 1984, Hubbard, 2001). Este erro de localização para diante, do ponto de desaparecimento de um alvo em movimento, foi apelidado Representational Momentum (Momento Representacional - MomRep) e é considerado um análogo mental do momento físico (Freyd, Kelly, & DeKay, 1990; Finke & Shyi, 1988; Hubbard, 2001; 2005). O termo momento referia-se a uma propriedade da representação que reflecte uma característica do mundo físico (Bertamini, 2002): quando um objecto se encontra em movimento e uma força é exercida no sentido de o parar, o objecto não pára imediatamente, o que se deve à inércia adquirida durante o movimento, ou seja, ao *momento* (Freyd, 1983; Freyd & Finke, 1984). É também conhecido como *deslocamento-M* ou seja, um erro de deslocamento para diante, por se tratar de um erro mnésico ao longo da trajectória implícita do alvo em movimento (Hubbard, 2005). Encontramos também na literatura outras expressões que designam o mesmo fenómeno, como *forward displacement in memory* (desfasamento mnésico para a frente ou na direcção do movimento), *M-displacement* e *O-Displacement* (Desfasamento-M e -O), para referir o desfasamento espacial no sentido do movimento ou a favor da gravidade, ou, simplesmente, *erro de localização*. Na verdade, o termo Momento Representacional transporta uma interpretação dessa tendência (de erro de memória), isto é, atribui-lhe

significado e fundamentação. O termo *deslocamento* revela-se mais neutro (Hubbard, 2005), referindo precisamente aquilo de que objectivamente se trata: a diferença entre os dois locais de desaparecimento, o real e o recordado. No presente trabalho, recorreremos às denominações *deslocamento-M* e *deslocamento-O* para denominar estes erros de localização.

2.2.1 O PARADIGMA

Na situação experimental clássica de MomRep descrita por Freyd e Finke (1984) os participantes eram confrontados com a apresentação de rectângulos em três orientações sucessivas, apresentados sob intervalos de 250 ms, compatíveis com um movimento rotativo, sobre o centro (Figura 6). Após uma sucessão de imagens, num formato discreto, os participantes eram convidados a recordar o local que o rectângulo ocupava, na última posição visível, para a comparar com a de um rectângulo imediatamente apresentado. A tarefa dos observadores consistia em discriminar (através de uma decisão “mesma”/”diferente”) entre a posição final da série de rectângulos e a do rectângulo entretanto apresentado (sonda mnésica). Ou seja, a tarefa dos participantes era indicar se o rectângulo sonda surgia na mesma posição do terceiro rectângulo, desaparecido, ou numa posição diferente.

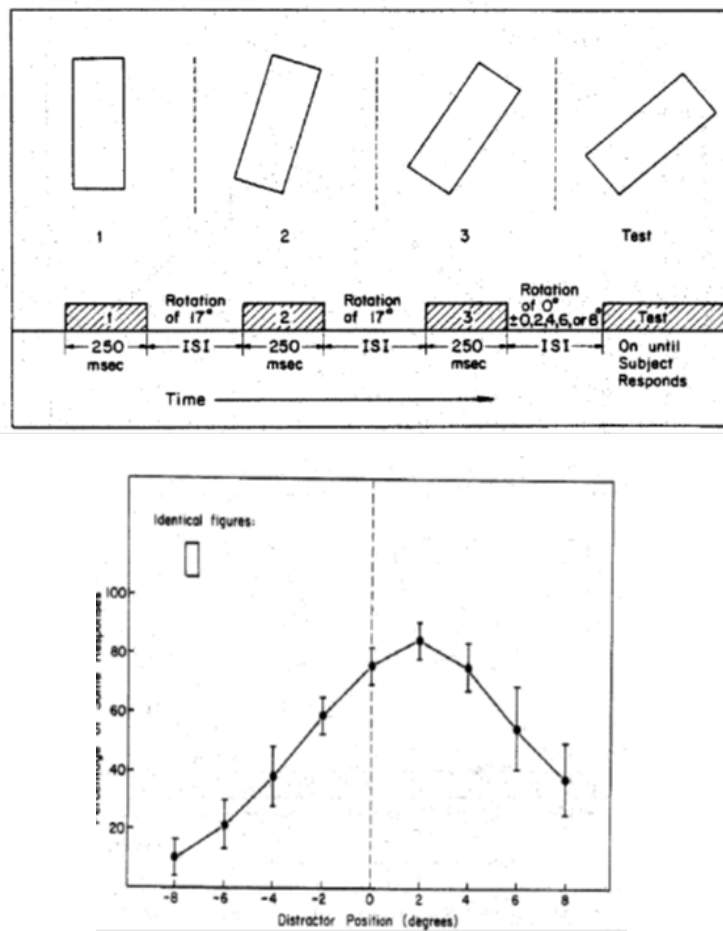


Figura 6. Em cima: Primeiras apresentações de MomRep (Freyd & Finke, 1984). Em baixo: Resultados do estudo: o Gráfico revela a distorção da estimativa da posição final na direcção do movimento do objecto.

A impressão perceptiva era a de um rectângulo a saltar de uma orientação para a seguinte. A principal constatação foi que o ponto de igualdade subjectiva dos participantes era deslocado na direcção da rotação implícita, i.e., do movimento implicado. Os resultados deste estudo mostraram uma tendência para aceitar como sendo igual (na mesma posição) o rectângulo que apresentava uma rotação, dentro da sequência, superior (ou posterior) à posição que realmente exibia aquando do desaparecimento. Os observadores eram mais propensos a responder que a posição era a mesma para os rectângulos rodados no sentido do movimento, do que para os rectângulos rodados no sentido oposto ao do movimento sugerido ou mesmo para aqueles que se encontravam na mesma posição do rectângulo com o qual a comparação era realizada. Este erro, para diante, aumentava quando o intervalo entre as sucessivas apresentações se reduzia de tal modo que a velocidade da rotação parecia aumentar (Finke & Freyd, 1985), suportando a noção de impulso representacional.

No estudo inicial (Freyd & Finke, 1984) concluiu-se, ainda, haver maior rapidez e precisão (avaliadas pelo TR e taxa de erro) na detecção de mudança na posição do rectângulo que induzia movimento na direcção oposta à do movimento apresentado. Os observadores rejeitavam mais facilmente os distractores *backward* (os rectângulos em direcção oposta) do que os distractores *forward* (Finke & Freyd, 1985), isto é, aceitavam mais facilmente (como na mesma posição) os rectângulos que se apresentavam à frente na sequência, como se lhe dessem continuidade. Ou seja, o rectângulo, não na mesma posição do rectângulo final, mas apenas respeitando a mesma direcção e sentido, era frequentemente percebido como estando na mesma posição do rectângulo com o qual se comparava.

Esta recordação da posição da orientação final, como tendo sido alterada num sentido, era consistente com as rotações implicadas na sequência anterior, isto é, o previsível, o que constituía um análogo à tendência de um objecto físico para a continuidade do movimento uma vez iniciado (Finke & Freyd, 1985). Esta distorção foi tomada como sugestiva da internalização de invariantes físicos semelhantes ao *momento* no âmbito do aparato representacional. Quando um objecto em movimento deixa de estar visualmente presente, a representação interna persiste no tempo, “movendo-se” ao longo do mesmo trajecto mantendo uma velocidade interna consistente com a sua velocidade anterior percebida (Freyd & Finke, 1984; Hubbard, Matzen-Backer, & Davis, 1999).

Uma explicação avançada para este fenómeno de alteração de memória assenta na analogia já referida entre o *momento* físico e a sua representação mental – o *momento representacional* (Freyd & Finke 1984, Finke & Freyd, 1985), ou seja, a mente humana internaliza as propriedades do *momento* físico, tornando-o, assim, “representacional”. MomRep e o *momento* físico obedecem, assim, às mesmas leis (Finke & Freyd, 1985).

Os factores que se encontram, de forma invariante, presentes nos objectos deveriam ser encontrados na representação mental desses objectos (Shepard, 1984; Freyd, 1983), ou seja, na *representação da sua dinâmica*. O tempo, necessariamente incluído nessa representação dinâmica, é contínuo e direccionado (Freyd, 1983). A força desta tendência de extrapolação é determinada, nesta ordem de ideias, pelo momento associado aos movimentos implícitos. Estas extrapolações ocorrem ao longo de vias representacionais, relativas a caminhos internos correspondentes a trajectórias físicas, ao longo dos quais o observador espera que os movimentos continuem. Uma vez iniciado o processo de extrapolação dos movimentos implicados, este adquire *momento* ao longo destas vias internas, da mesma forma que um objecto em movimento adquire *momento* real ao longo do caminho físico (Freyd & Finke, 1984). Há, então, necessidade de um esforço cognitivo para evitar que a extrapolação na direcção do movimento continue, da mesma forma que uma força oposta/opositora é necessária para parar um objecto fisicamente em movimento (Finke & Freyd, 1985). Ou seja, se um objecto físico se encontra em movimento e uma força é aplicada no sentido de o parar, o objecto não poderá parar imediatamente, o que fará após alguma distância devido ao *momento* (inércia) adquirido durante o seu movimento.

Desde os primeiros estudos, a questão das relações possíveis entre o MomRep e a física ingénua, internalizada pelos observadores (McCloskey, Caramazza, & Green, 1980) tem sido um tema de pesquisa. *Física Ingénua* é um termo criado por Hayes (1978, citado por Davis, 1998) para descrever a abordagem a um conhecimento do senso comum sobre o mundo, no qual a descrição dos fenómenos é acessível a todas as pessoas. O uso da palavra ingénua associa-se a este conhecimento do senso comum (leis ou regularidades percebidas pelas pessoas), normalmente tido como garantido na física newtoniana formal. As noções de inércia, impulso, ou força, podem ser exemplos de conceitos no âmbito das teorias do movimento que se associam a fenómenos do quotidiano, vivenciados pelas pessoas. Na sua teoria das representações dinâmicas, Freyd (1987) defendia que o MomRep é uma característica necessária de um sistema representacional com coerência espaciotemporal. Da mesma forma que o momento

físico é uma propriedade dos objectos emergentes num mundo espaciotemporal e coerente (Hubbard, 1995), o momento representacional é propriedade da representação mental que não é estática mas contém aspectos dinâmicos.

Duas premissas encontram-se associadas ao conceito de MomRep: (1) o MomRep pertence ao domínio das representações perceptivas, mais automáticas, sendo imune a penetrações cognitivas de alto nível (Freyd, 1983); (2) o MomRep é influenciado por parâmetros do mundo físico (como a velocidade de apresentação: Freyd & Finke, 1985) de forma análoga às influências exercidas sobre o momento físico (Freyd & Jones, 1994; Finke & Freyd, 1985). Os dois princípios na interpretação do processamento da informação no MomRep (o sensoriomotor ou de “baixo nível” e o perceptual-cognitivo ou de “alto nível”) viriam a revelar-se de importante interesse no tratamento das representações dinâmicas.

Se na origem do MomRep se encontram mecanismos de baixo nível ou de alto nível constitui um debate que vem sendo alimentado no seio da discussão dos substratos cognitivos do fenómeno. Por um lado, encontramos posições como as de Ashida (2004) e Kerzel (2000, 2002, 2003, 2005) que advogam haver movimentos oculares de acompanhamento (ou perseguição) do alvo, pelo que a deslocalização observada, i.e., a percepção desfasada no espaço que era transmitida, constitui o resultado de mecanismos de baixo nível. Ou seja, o que se postulava era que aquando do desaparecimento do alvo haveria a continuidade do seu trajecto que se prendia com o próprio circuito do olho e não com a existência de um MomRep (a percepção é sempre uma construção). Por outro lado, posicionam-se Freyd (1983), Finke & Freyd (1989) e Hubbard (2005) a defender o MomRep como um fenómeno de alto-nível, de natureza mais perceptiva e, logo, independente de acções motoras.

O MomRep, e o efeito dinâmico que revela, transportam-nos inevitavelmente para a relação percepção-acção. Sendo a visualização de um movimento ou acção, percebida na medida em que poderá ser reproduzida (Grèzes, Armony, Rowe, & Passingham, 2003), as circunstâncias inerentes a cada observador determinam a forma como cada um percebe os objectos que observa. O MomRep, como internalização do momento físico, nas concepções de vários autores (Freyd, 1992, 1993; Hubbard, 2006) encerra o objectivo de antecipação e suporte a uma interacção eficaz com objectos num mundo norteado por leis físicas. Uma “reinterpretação” do MomRep (White, 2012) sugere a importância das acções exercidas sobre objectos como fonte de planificação motora.

O que determina as decisões face à última posição de um alvo desaparecido pode residir nesta planificação motora de acções, ou na antecipação da intercepção do alvo.

Encontramos reportadas, na literatura, algumas curiosidades que ilustram o defendido carácter adaptativo do MomRep. Whitney, Wurnitsch, Hontiveros e Louie (2008) investigaram o erro de deslocamento espacial num cenário real, examinando a precisão na avaliação do ponto de paragem de uma bola no campo de ténis. Os juizes de linha eram sistematicamente tendenciosos ao informar que as bolas pousavam num ponto adiante do seu real ponto de desaparecimento. Chegavam a considerar, inclusivamente, fora de jogo, bolas que se encontravam dentro de campo. Ou seja, erravam mais referindo estar fora de campo bolas que ainda não tinham saído, do que o contrário.

A impressão de movimento implicado é caracterizada pela apresentação intermitente de um alvo a largos passos, a partir de uma posição para a seguinte. Esta tendência sistemática para os observadores recordarem um evento (ou um objecto em movimento), estendendo-se para além do seu ponto de desaparecimento, tem sido estudada desde os trabalhos pioneiros de Freyd e Finke (1984, 1985) e, mais recentemente, por outros investigadores (De Sá Teixeira, Hecht, & Oliveira, 2013; Kerzel, 2003; Thornton & Hubbard, 2002).

Hubbard e Bharucha (1988) introduziram algumas variantes ao método experimental clássico do MomRep, uma das quais consistiu, inicialmente, em passar do movimento implicado para movimento contínuo, gerado por apresentações de um alvo circular a uma elevada frequência, numa trajectória horizontal ou vertical (Hubbard & Barucha, 1988; Kerzel, 2003; Krukowski et al., 2003). Os participantes observavam um quadrado negro em movimento contínuo num trajecto linear, vertical ou horizontal, que desaparecia em posições imprevisíveis no ecrã do computador. Para além da resposta por sonda, era dada aos participantes, a possibilidade de respostas comportamentais de localização espacial, através de um cursor controlado pelo rato: quando o quadrado, a determinada altura, desaparecia subitamente, os participantes deviam posicionar um cursor no local do desaparecimento. Os resultados apoiavam, de forma muito geral, as principais conclusões de Freyd e Finke (1984): a posição final percebida era deslocada na direcção do movimento e a magnitude do deslocamento crescia proporcionalmente com a velocidade. Este formato permitiu, assim, replicar os principais efeitos previamente encontrados: *o deslocamento-M*.

2.2.1.1 Deslocamento-O

As experiências de Hubbard e Bharucha (1988) permitiram, igualmente, medir uma outra modalidade de deslocamento: a que se manifesta numa direcção ortogonal ao próprio movimento trazida pela flexibilidade bidimensional da localização espacial. Os participantes mostraram uma tendência sistemática a localizar o ponto de desaparecimento num local não só deslocalizado na direcção do movimento como também deslocalizado para baixo. Além do esperado efeito MomRep, foi encontrado um efeito de queda do ponto de desaparecimento subjectivo.

Da mesma forma que é defendida a incorporação do momento físico, através da manifestação de uma representação cognitiva análoga, interpretou-se, de forma similar, esta tendência sistemática de localização do ponto de desaparecimento com expressão de erro, não apenas na direcção do movimento mas também a apresentar um desfasamento espacial numa direcção ortogonal a esse deslocamento. Esta memória subjectiva expressa *para baixo*, foi interpretada como uma propensão para a manifestação de um fenómeno similar ao da força da gravidade física. Para além disso, quando o movimento se realizava ao longo do eixo vertical, observou-se um desfasamento, no sentido descendente, superior ao do sentido ascendente (Hubbard, 1990, 1995, 1997, 2001).

A esta tendência para localizar o último ponto de desaparecimento abaixo da trajectória de movimento horizontal, bem como ao aumento da magnitude do deslocamento vertical do alvo em movimento descendente, interpretados como um análogo mental da gravidade, foi dado o nome de *Gravidade Representacional* ou *Deslocamento-O* (Hubbard, 1997; Hubbard & Bharucha, 1988)⁷, sugerindo a presença de uma representação cognitiva análoga à gravidade.

A gravidade, aspecto invariante do mundo, materializado através da evolução, passou a ser incorporada na representação mental dos objectos (Hubbard, 1997; Hubbard & Bharucha, 1988). Esta invariante pode assumir diferentes *inputs* se considerarmos vivências motoras subjectivas particulares, como o caso de pessoas com dificuldades motoras (nas quais incluímos, de forma muito assumida, a PC), que nunca desenvolveram a capacidade de marcha, ou que a realizam num exercício gravítico diferente, em virtude de um desvio no desenvolvimento psicomotor, ou de uma disfunção

⁷ Um outro princípio físico invariante, que pode também ser implicitamente representado no sistema cognitivo, resulta da descoberta de deslocamentos menores (em memória) para objectos que se movem mantendo contacto com superfícies, o que foi interpretado como o reflexo de um análogo da fricção, i.e., uma fricção representacional (Hubbard, 1998).

neuromotora incapacitante ou limitativa da motricidade. Se, ainda assim, estas pessoas incorporam os “invariantes”, quando comparadas com pessoas cujo percurso se enquadra no desenvolvimento motor típico, é uma questão que se nos coloca com pertinência.

2.2.2 MOMENTO REPRESENTACIONAL: PROCESSO ATENCIONAL OU AUTOMÁTICO

O MomRep tem sido considerado uma medida válida do processamento de percepção dos eventos (Jarrett et al., 2002), suportando o facto de a percepção ser um processo predictivo (Bertamini, 1993; Freyd & Finke, 1984), i.e., um fenómeno visual no qual um movimento (ou o movimento de um objecto) é automática e inconscientemente extrapolado na sua trajectória, no sentido da continuidade no ecrã.

À semelhança do que acontece com o momento físico, a representação mental, tal como o objecto físico que representa, “custa” a distância correspondente ao exercício de uma força de paragem. Esta analogia sugere que o MomRep resulta do facto de o sistema ter internalizado aspectos do comportamento dos objectos no mundo (Hubbard, 1995). Trata-se da antecipação de um acontecimento que, na ausência de informação contrária, se desenvolveria ao longo do tempo, de forma consistente com a transformação representada. Desta forma, o movimento implicado de um objecto causaria no observador a extrapolação mental desse movimento em frente, em direcção ao futuro, i.e., no sentido do movimento, sendo este um processo automático e espontâneo. O visionamento de uma transformação implícita desencadeia, de imediato, um processo de extrapolação automática, espontânea e inevitável que adquire uma espécie de propriedade interna de forma que o observador terá de aplicar uma força contrária (a resistência cognitiva) no sentido de parar o processo de extrapolação.

A questão relativa ao tipo de processamento associado ao fenómeno MomRep tem gerado dissonância entre a comunidade científica. O carácter automático *vs.* atencional do MomRep constitui uma discussão sem defesa consensual. Para alguns autores (Freyd & Jones, 1994) as representações perceptivas, reflectidas no MomRep, actuam apesar das crenças conscientes sendo, em virtude destas antecipações dinâmicas automáticas, que as pessoas são, frequentemente, imprecisas nos julgamentos em tarefas de física ingénua. O MomRep é, nesta argumentação, um processo automático, posição

que se fundamenta em resultados de experiências nas quais os deslocamentos-M (de pontos pretos em deslocação no ecrã) aumentavam com a diminuição da atenção (Hayes & Freyd, 2002).

Foram desenvolvidas experiências com o objectivo específico de avaliar o efeito da atenção no MomRep, nomeadamente em tarefas de atenção dividida (Hayes & Freyd, 2002) ou com apresentação de estímulos distractores (Kerzel, 2003b). Numa experiência de *dual-task* (Hayes & Freyd, 2002), metade dos participantes, durante a tarefa, mantinha a atenção numa tarefa de contagem numérica, enquanto os outros desenvolviam a tarefa tradicional (*simples*). Na condição de *dual-task* (RepMom e contagem) foi registada maior magnitude de MomRep do que na tarefa *simples*. Os autores reforçavam, assim, o carácter automático do MomRep sendo necessária a atenção para parar o processo de extrapolação. Referiam, de forma mais lata, que a atenção seria necessária para iniciar qualquer tipo de mudança num evento dinâmico em curso.

Na mesma linha, Kerzel (2003b) mostrou a alguns participantes um alvo quadrado em movimento, e em alguns ensaios, um distractor era apresentado durante o intervalo de retenção (entre o desaparecimento do alvo e a sonda). Nas condições sem distractor, a memória de localização foi deslocada para a frente, quando um distractor foi introduzido, a memória foi deslocada para trás. Ou seja, a apresentação do distractor inverteu o padrão de deslocamento. Kerzel sugeriu que esta observação contradizia a perspectiva de que a atenção era necessária para parar a extrapolação do movimento implícito, ou seja, para parar o impulso representacional (Hayes & Freyd, 2002). O MomRep não fora influenciado pela carga de atenção introduzida, por si só. A atenção visual teve um papel não na eliminação do deslocamento mas na sua modulação.

Duas posições argumentam com robustez em direcções opostas: (1) MomRep é um processo automático, interrompido por processos atencionais (Hayes e Fred, 2002); (2) a atenção é necessária para gerar e manter o MomRep, tendo um papel na sua modulação (Kerzel, 2003b).

No entanto, Hubbard, Kumar e Carp (2009) alegaram que as diferenças encontradas nos resultados das experiências expostas assentam nas metodologias utilizadas e que as diferenças na modulação do MomRep encontradas prendiam-se não com a presença ou ausência de atenção mas com, por exemplo, o momento em que decorria a manipulação da atenção (antes ou depois de o alvo desaparecer, bem como com a duração do distractor introduzido). Uma possível resolução das diferenças entre Hayes e Freyd (2002) e Kerzel (2003b) relativas a esta relação entre a atenção e MomRep

pode passar por considerar o facto de os resultados da Hayes e Freyd (2002) retratarem os efeitos de uma alocação de atenção, e os resultados de Kerzel reflectirem uma perturbação mais geral de processamento. A alocação de atenção, defendem Hubbard et al. (2009), pode influenciar mas não eliminar o deslocamento e, no limite, poderia ter um papel na inibição ou diluição de processos dinâmicos, como o MomRep, mas não no impedimento de um processo automático.

A ideia de uma extrapolação automática baseada em princípios físicos, invariantes do ambiente, cria uma representação padrão que pode, no entanto, ser modificada pelos conhecimentos ou expectativas dos observadores, bem como por circunstâncias e factores relativos à tarefa.

2.2.3 FACTORES/CONDIÇÕES QUE INFLUENCIAM O MOMREP

Os estudos realizados com pessoas TD, (i.e., sem qualquer compromisso físico que limite a realização de movimentos e, portanto, com acesso às experiências motoras de movimento e integração quinestésica), mostraram que a direcção e magnitude do MomRep reflectem as propriedades físicas e princípios do mundo real. Estas dimensões (direcção e magnitude) do erro de localização parecem ser influenciadas por inúmeros factores como a velocidade (Finke & Freyd, 1985; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; de Sá Teixeira, Oliveira, & Amorim, 2010), a distância percorrida, a manutenção da sua identidade, a aceleração implícita (Finke, Freyd, & Shi, 1986), o peso implícito do alvo (Hubbard, 1997), gravidade, fricção (Hubbard, 1997), a existência ou não de pontos de referência (Hubbard & Ruppel, 1999), a força centrípeta (Hubbard, 1996), a direcção do movimento do alvo, ou coerência na trajectória do alvo (Kerzel, 2000)⁸, entre outros. Da mesma forma, factores inerentes à manipulação experimental como a modalidade de resposta (de Sá Teixeira & Oliveira, 2011; Kerzel, 2003), o intervalo de retenção (Freyd & Johnson, 1987), ou inerentes à subjectividade individual têm sido estudados. Alguns destes factores têm, de forma particular, uma importância crítica na investigação desenvolvida neste trabalho, e merecem ser referidos com detalhe.

⁸ Quando a trajectória de um objecto é ambígua, pode desencadear uma redução ou mesmo ausência do erro de deslocamento (Kerzel, 2000).

2.2.3.1 Efeitos da velocidade

A relação entre o MomRep e a velocidade do alvo tem sido amplamente documentada na literatura (e.g., Finke & Freyd, 1985; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; De Sá Teixeira, Oliveira, & Amorim, 2010). Especificamente, o seu efeito parece ser revelado sob a forma de um crescimento da magnitude do desfasamento na razão directa da velocidade implicada do alvo em movimento (Finke & Freyd, 1985; Finke, Freyd, & Shi, 1986), da mesma forma que o momento físico aumenta à medida que aumenta a velocidade de um objecto em deslocação. Freyd e Finke (1984) acreditavam ser esta a razão pela qual, quando questionados relativamente à última posição do objecto após desaparecimento, os observadores frequentemente referiam uma localização ligeiramente à frente daquela em que tinha desaparecido (Finke & Freyd, 1985, 1988). Esta observação poderia indicar que a memória para a última posição de uma apresentação muda no sentido do movimento e numa razão proporcional à velocidade implicada.

Este efeito da velocidade no erro de deslocamento reflectia uma coerência espacial e temporal entre os mundos, representado e representante. Finke e Freyd (1988) consideravam que para dissipar o MomRep quando tal é exigido, é necessário parar o processo de extrapolação, exercendo uma resistência cognitiva (e.g. análoga à resistência física dos travões do carro, por exemplo, na dissipação do momento físico: Finke & Freyd, 1988). Nos seus estudos anteriores (Freyd & Finke, 1984, 1985), os participantes eram encorajados, não a extrapolar a continuação dos movimentos implícitos, mas sim, a reter uma memória o mais fiel possível da última apresentação. Isto pressupõe que os participantes aplicariam a referida resistência cognitiva ao processo de extrapolação na sua maior expressão (Hubbard, 2005), ou seja, integrando invariantes internalizados.

2.2.3.2 Efeitos da modalidade de resposta: localização espacial vs. sonda mnésica

O MomRep tem sido estudado, mais frequentemente, recorrendo à adopção de duas metodologias de resposta: sonda mnésica (*probe*), a modalidade pioneira (Freyd & Finke, 1984), e localização espacial, habitualmente com recurso ao *rato*, ou toque directo no ecrã, para situar o local de desaparecimento. A modalidade de resposta por sonda mnésica requer, por parte dos observadores, a emissão de um juízo relativamente à correspondência entre a localização espacial do local do desaparecimento do alvo e

uma sonda, sendo a localização da sonda mnésica manipulada pelo experimentador. É solicitada uma comparação entre a posição final recordada e a posição de uma sonda estímulo, entretanto apresentada, sendo a resposta resultante, de natureza simbólica (do tipo “mesmo”/”diferente”, ou “à frente”/“atrás”). Nesta modalidade, os participantes terão de tomar uma decisão relativa à compatibilidade entre a localização de uma sonda e de um estímulo com as mesmas características daquele com o qual se vai comparar (sonda), e cuja localização ou orientação são manipuladas pelo experimentador.

Na condição de localização espacial, o julgamento do local de desaparecimento do alvo é indicado pelo próprio observador, a quem é dada a instrução de o fazer usando um cursor manipulado por *rato* ou *TrackBall* (localização mediada), ou mesmo pelo toque directo no ecrã (resposta motora directa). Neste caso, o desvio entre o ponto final do movimento e a verdadeira posição pode ser registado por um *touch screen*, ou outro *software* que registe o local definido pelo observador. Este método implica, normalmente, a realização de uma acção motora. O *rato*, apesar de ser, por vezes, considerado uma modalidade de resposta mediada é, frequentemente, usado como uma forma de resposta de localização em que os movimentos da mão são transformados em coordenadas no ecrã.

O principal interesse na comparação entre as modalidades está no estudo da diferença, em termos dos efeitos nos deslocamentos, entre respostas motoras e perceptivas quanto ao deslocamento do estímulo. O clássico confronto *percepção para a acção vs. percepção para o reconhecimento*, adoptado pela abordagem da localização motora no caso da primeira, e pela metodologia de sonda mnésica na segunda, tem sido recuperado em estudos que examinam a diferença entre os efeitos das metodologias de resposta, como por exemplo, localização espacial directa *vs.* localização mediada pelo rato (de Sá Teixeira & Oliveira, 2011). Estas diferenças metodológicas e os seus efeitos na magnitude de MomRep poderão traduzir fundamentalmente uma oposição entre mecanismos *cognitivo-representacionais* ou *perceptivos* (denominados também de “alto nível”) e *mecanismos sensoriomotores* (de “baixo nível”). Tem sido sugerido que os processos *cognitivo-representacionais* encontram-se associados à metodologia de sonda, e que mecanismos sensoriomotores estarão mais associadas a metodologias de resposta directa.

Vários estudos têm comparado os efeitos das respostas motoras e das respostas puramente perceptivas, que exigem apenas uma resposta simbólica ou verbal (do tipo igual/diferente). Neste caso, das respostas perceptivas, o mapeamento entre a resposta motora e o significado é arbitrário, podendo ser substituído por uma resposta

não-espacial (e.g., dizer “sim” ou “não” ou “igual”/“diferente”). De facto, a influência das modalidades de resposta pode ter um interesse ao nível dos mecanismos neuroanatómicos e funcionais subjacentes. A teoria de Goodale e Milner (1992) sugere que a informação visual para respostas motoras (como a localização directa) é processada por um sistema cerebral diferente (dorsal) daquele que está implicado no tratamento da informação visual para a percepção pura (ventral), como acontece quando é solicitada a comparação da posição de um estímulo em relação à de outro.

Atendendo aos efeitos provocados na magnitude, ou, até na própria probabilidade de ocorrência de erro de deslocamento, o tipo de resposta surge como um dos factores críticos na compreensão deste fenómeno. Quando comparativamente com o toque directo no ecrã, Kerzel (2003), recorrendo a uma experiência na qual apresentava aos participantes um alvo a mover-se numa trajectória circular, concluiu que as respostas por sonda mnésica geravam desfasamentos consideravelmente menores. Este resultado ocorria tanto em situações de fixação ocular como em situação de liberdade dos movimentos oculares (i.e., com possibilidade de acompanhamento ocular do alvo). Kerzel (2003) apresentou aos observadores uma tarefa de MomRep em duas condições distintas: uma condição solicitava aos participantes que apontassem para a posição final de um alvo em movimento suave num touch screen; a outra condição solicitava a comparação da posição final do objecto, com a posição de um estímulo sonda que aparecia após o desaparecimento do alvo. Consistente com a noção de que os processos de percepção e acção são fundamentalmente distintos, a magnitude de deslocamento diferiu entre as duas condições. Com julgamentos de sonda, não houve deslocamento no sentido do movimento. Em contraste, com localização directa os pontos finais dos alvos em movimento foram deslocados nesse sentido. *Um resultado semelhante foi obtido para a condição resposta por localização com o rato* (Kerzel, 2003). O erro de deslocamento revelou-se, igualmente, mais acentuado na condição localização directa do que na condição julgamento perceptivo (Ashida, 2004). De uma forma global, os resultados mostraram que a magnitude de MomRep difere se o participante usa uma resposta motora ou faz um julgamento perceptivo (Kerzel, 2002), mas é semelhante a localização directa manual (Kerzel, 2003), e apoiam a ideia de um processamento visual dissociado para percepção e acção (Milner & Goodale, 1995).

A natureza incorporada e situada da cognição implica o confronto com pressões adaptativas e exigências do meio, nomeadamente as que são desenvolvidas no contexto da *Economia da Acção* (Proffitt, 2006). Consideram-se aqui, por exemplo, pressões

relativas à minimização do consumo de energia que podem originar algumas diferenças comportamentais encontradas entre tarefas motoras e de julgamento perceptivo.

Em suma, as opções de medida do MomRep (os métodos de localização espacial e a metodologia de *probe* ou sonda mnésica) parecem reflectir a dissociação entre as vias de processamento *percepção-para-a-acção*, recrutadas pelo método de localização espacial e as vias de processamento *percepção-para-o-reconhecimento*, mobilizadas pelo método de sonda mnésica.

Estudos neuropsicológicos (Goodale & Humphrey, 2001) e psicofísicos (Post, Welch, & Bridgeman, 2003), que compararam respostas de julgamento com respostas motoras, concluíram a favor da existência de uma dissociação entre os sistemas, sendo as primeiras (julgamento perceptivo) baseadas nas funções do sistema ventral e as segundas (localização motora) baseadas nas funções do sistema dorsal. O maior envolvimento de uma ou outra via de processamento mostra-se determinado pela própria natureza da tarefa (Bertamini, Spooner, & Hecht, 2004; Kerzel, 2003).

De Sá Teixeira (2011) desenvolveu uma série de experiências nas quais manipulou invariavelmente a modalidade de resposta. Os seus estudos mostraram resultados a favor da existência de um circuito cerebral de percepção para a acção claramente manifesto no processamento de variáveis de natureza cinética implicadas na percepção do movimento, especificamente, velocidade e distância. Estes estudos sugeriam que o MomRep seria um “mecanismo de charneira entre percepção, cognição e acção” (p. 202).

Há no entanto, alguns factores que têm revelado manter a sua influência independentemente da modalidade de resposta, como a velocidade, que exerce sempre uma função de crescimento do MomRep, seja qual for a modalidade adoptada (Finke & Freyd, 1985; Hubbard & Bharucha, 1988; Munger & Owens, 2004). Numa situação experimental, Nagai e Saiki (2002) provaram a imunidade do MomRep à ilusão perceptiva de velocidade, o que levou a concluir a favor da dependência do MomRep de uma via dorsal (percepção para a acção) independente do tipo de resposta (mais baseada em processo perceptivos ou motores), legitimando o MomRep como um fenómeno mais de acção do que percepção.

Este efeito do tipo de resposta (mais motor ou mais perceptivo) foi estudado em outras investigações que pretendiam precisamente comparar as respostas motoras e de julgamento a estímulos apresentados no contexto clássico das ilusões de tamanho (Daprati & Gentilucci, 1997; Gentilucci et al., 1996; Goodale & Humphrey, 2001,

Norman, 2002;). Na ilusão de *Ebbinghaus*⁹, quando era solicitado aos indivíduos o julgamento visual do tamanho do círculo, estes manifestavam presença da ilusão, referindo como iguais, círculos que eram diferentes. No entanto, quando convidados a pegar no círculo central – alvo – para alcançá-lo, eram muito menos influenciados pela ilusão, levando, uma vez mais, à corroboração de uma maior vulnerabilidade à influência da ilusão por parte do sistema ventral do que do sistema dorsal (Lee & Donkelaar, 2002). Algumas experiências com outras ilusões visuais (nomeadamente *Muller-Lyer*¹⁰) concluíram que, em tarefas dependentes da memória, a actividade de apontar revelava um maior efeito da ilusão (Gentilucci, et al., 1996), sugerindo que a influência do sistema ventral aumenta com o envolvimento da memória.

Já a ilusão de Ponzo¹¹ foi examinada em experiências com algumas respostas de grasping, concluindo-se que a abertura dos dedos não era influenciada pelo tamanho ilusório mas que este influenciava a força que se imprimia nos discos, i.e., os participantes imprimiam força superior nos discos perceptualmente mais largos (Norman, 2002), acrescentando, assim, algo de novo às experiências anteriormente apresentadas. Usando a mesma ilusão (Ponzo) e a de Judd (variância da ilusão de Muller-Lyer em que as setas se encontram viradas para o mesmo lado), Ellis e Tucker (2000) compararam estimativas verbais a respostas de grasping, tendo concluído que as duas ilusões influenciavam os dois tipos de resposta, tendo sido, no entanto, os erros da resposta grasping significativamente inferiores aos da estimativa verbal (Goodale & Humphrey, 2001; Norman, 2002).

Vishton, Cutting e Rea (1997) estudaram a ilusão horizontal-vertical num conjunto de quatro situações experimentais tendo, duas delas, revelado que quando os sujeitos direccionavam o seu julgamento perceptivo apenas para um único elemento

⁹ A ilusão de Ebbinghaus (também conhecida como os círculos Titchener) é uma conhecida ilusão de percepção de tamanho relativo. Consiste numa mudança no tamanho percebido de um círculo na presença de círculos próximos não concêntricos de área maior ou menor. Na demonstração do efeito mais conhecida dois círculos de tamanho idêntico são colocados próximos um do outro: um encontra-se rodeado por círculos grandes, enquanto o outro está rodeado por círculos pequenos; o primeiro círculo aparenta ser de menores dimensões do que o segundo círculo (Rose & Bressen, 2002). Este fenómeno ilustra a descoberta que sustenta que a percepção de um objecto é, pelo menos parcialmente, baseada nas relações com os estímulos contextuais

¹⁰ A ilusão Muller-Lyer é demonstrada através da representação de um eixo com setas opostas em cada extremidade. Quando a seta aponta para fora, o eixo é percebido como sendo maior do que quando aponta para dentro. A ilusão reflecte, uma vez mais, que a percepção do tamanho de um alvo é influenciada pela relação espacial com o contexto visual envolvente (Greene & Nelson, 1997; Welch, Post, Lum, & Prinzmetal, 2004).

¹¹ São apresentadas duas linhas horizontais do mesmo tamanho, uma acima da outra, entre duas linhas inclinadas mas quase verticais. A linha superior parece mais longa do que a linha inferior.

(e.g., linha) estes julgamentos eram tão rigorosos como a resposta motora. Estes resultados levaram os autores a sugerir que as diferenças encontradas em estudos deste tipo eram melhor descritas como dissociações entre percepção do tamanho absoluto e percepção do tamanho relativo. Atendendo a que as respostas do sistema dorsal ao tamanho visual são, normalmente, baseadas em tamanho absoluto, enquanto as respostas do sistema ventral ao tamanho visual são normalmente baseadas em tamanho relativo, estes resultados e conclusões assumem-se como consistentes com o até então defendido relativamente ao processamento diferencial pelos dois sistemas (Norman, 2002).

A percepção da distância foi também estudada através da comparação entre as respostas verbais e as respostas motoras levando, de igual modo, à conclusão de que os processos perceptivos e motores são dois processos separados. Trabalhos semelhantes relatados por Pagano e Bingham (1998) estudaram a percepção monocular de distâncias egocêntricas dadas pelo fluxo óptico geradas por movimentos da cabeça em direcção a um alvo e mediram as respostas verbais e motoras para avaliar a distância, tendo concluído que os erros obtidos nos dois tipos de resposta não se encontravam correlacionados, levando, novamente, à sugestão do funcionamento independente dos dois sistemas.

2.2.3.3 Efeitos do tipo de controlo atribuído aos participantes relativamente ao movimento dos objectos

Jordan e Knoblich (2004) manipularam os efeitos do controlo atribuído aos participantes sobre o MomRep, relativamente ao movimento dos objectos no ecrã. Os participantes foram distribuídos em grupos aos quais foram atribuídos graus de controlo diferentes face à direcção e à velocidade dos estímulos (com recurso às teclas unidireccionais). Os resultados revelaram que a magnitude do MomRep diminui em função do controlo que os participantes tinham do objecto. Quer isto dizer que quanto maior é o controlo sobre as características dos movimentos dos objectos, maior é a precisão relativa à localização final, diminuindo o erro de deslocalização.

Num outro estudo (Jordan et al., 2009), os participantes foram expostos a animações semelhantes às usadas por Hubbard (1998) no estudo do atrito representacional, i.e., um quadrado (alvo) deslocava-se no ecrã numa de três situações: (1) em contacto com uma superfície; (2) sem qualquer contacto, ou (3) em contacto com duas

superfícies. Alguns participantes tinham controlo sobre o estímulo, os outros observavam passivamente o movimento causado. As magnitudes de MomRep mostraram que na situação de observação passiva verificava-se o padrão de resultados indicado por Hubbard (1998) no domínio do atrito representacional: diminuição do efeito do MomRep com o aumento da fricção implicada. Já os participantes que possuíam controlo sobre o movimento do estímulo mostraram, por seu lado, maior magnitude de MomRep com os maiores atritos (i.e., maior desfasamento quando perante maiores fricções sugeridas), o que constituía uma situação oposta à encontrada na condição observador passivo.

A influência dos movimentos oculares na eficácia da estimação tem sido estudada por alguns autores (Kerzel, 2003; Spering et al., 2011). Kerzel (2003) comparou a localização da posição final de um alvo em movimento, deslocando-se a velocidade constante, com a localização de um alvo em movimento aparente ou discreto (com interrupções) numa trajectória circular. Durante a apresentação do alvo, um *eye tracker* assegurava que os observadores fixavam a marca de fixação e que, portanto, não seguiam o alvo com os olhos. Um deslocamento para diante foi observado com o movimento implicado, mas não com um movimento suave. O erro de deslocação diminuiu à medida que a frequência de apresentação do alvo aumentava (isto é, se tornava mais suave). Evidência de estudos comportamentais, de neuroimagem e respostas oculomotoras (de'Sperati & Deubel, 2006; Jonikaitis, Deubel, & de'Sperati, 2009; Makin & Poliakoff, 2011; Makin, Poliakoff, Ackerley, & El-Deredy, 2012) tem convergido na sugestão da contingência desta imaginaria com uma operação de atenção visuoespacial, implicando também relações próximas com o planeamento motor, nomeadamente oculomotor (Rizzolatti, Riggio, & Sheliga, 1994). Este acompanhamento do objecto através de movimentos oculares, em perseguição suave num processo atencional, confere ao olho um papel activo na busca visual. De forma análoga à exploração táctil ou ao movimento de apontar (Findlay & Gilchrist, 2003), os movimentos oculares envolvem-se numa exploração interactiva com o mundo.

Estes resultados foram interpretados como evidência no envolvimento de processos de controlo motor na percepção espacial (Jordan & Knoblich, 2004). Revelavam também que os planos de acção são importantes no desfasamento espacial, bem como do envolvimento de mecanismos de economia de acção (Proffitt, 2006): uma situação que envolva maior atrito exige também maior esforço, envolvimento e energia para manutenção do movimento. Assim, numa condição experimental de observação activa,

na qual os participantes têm controlo sobre o estímulo, este esforço acrescido implicaria um aumento do MomRep face à situação de observação passiva.

2.2.3.4 Efeitos do tempo de resposta (intervalo de retenção)

A introdução de um tempo de retenção entre o momento de desaparecimento do alvo e o início da resposta de localização parece provocar um aumento da magnitude de MomRep até um limite de 300 a 350 milissegundos. Após este intervalo de tempo, a magnitude do erro de deslocamento pode diminuir ou estabilizar (Freyd & Johnson, 1987). Este padrão, obtido através de uma metodologia de resposta de sonda mnésica e recorrendo a movimento induzido (e não contínuo) do alvo, foi explicado por um efeito do aumento do MomRep que origina que o deslocamento de memória cresça com o intervalo de retenção para os pequenos intervalos. Isto acontece devido a um processo de transformação em memória e a um efeito da tendência central, com decréscimo, a partir de então, para delays superiores, criando uma curva em U invertido no gráfico. De Sá Teixeira, Hecht e Oliveira (2013) e De Sá Teixeira e Oliveira (2014) registaram, em respostas de localização com rato e movimento contínuo do alvo, um aumento do MomRep até valores entre 150 e 300 ms, seguido de um decréscimo. Ou seja, a magnitude do MomRep tende a aumentar com o tempo de retenção, reflectindo assim o efeito dinâmico do MomRep.

Outros estudos psicofísicos, independentes de teor menos dinâmico têm revelado também efeitos semelhantes da introdução de atrasos temporais. Uma situação experimental reportada por Norman (2002) consistiu em propor uma tarefa específica a quatro indivíduos (um dos quais com ataxia óptica e os outros sem qualquer patologia). Era-lhes pedido que apontassem para objectos em uma de sete posições-alvo sob duas condições: sem atraso e com cinco segundos de atraso. Verificou-se que os participantes TD tinham melhores desempenhos ao apontar na condição *não-atraso* do que na condição *atraso*, enquanto os que tinham ataxia óptica apresentavam melhor desempenho na condição *atraso*. Os autores concluíram que os dados obtidos seriam consistentes com a teoria do processamento dual: as respostas motoras são conduzidas por sistemas localizados no córtex parietal posterior e pré-motor, enquanto as respostas a estímulos recordados dependem do processamento perceptivo, envolvendo o neo-córtex temporal (Jeannerod & Frak, 1999). Em suma, na inexistência de um sistema

dorsal funcional o paciente com ataxia óptica recorria ao sistema ventral (perceptivo) que fornece informações alguns segundos mais tarde.

2.2.3.5 Outros Efeitos/factores

Têm surgido defesas contraditórias relativas à dependência e contributo de factores cognitivos no fenómeno MomRep. Para Freyd (1983) estaríamos perante um fenómeno modular, independente de expectativas cognitivas ou conhecimento explícito sobre o evento. Hubbard (2002, 2005), no entanto, defende que o MomRep constitui um processo cognitivo que se prende com a antecipação do movimento, fazendo um apelo à memória. A expectativa dos participantes relativamente a posições futuras de um alvo em movimento pode determinar uma alteração nesse processo de memória e a magnitude de MomRep pode ser, em grande parte, dependente também da familiaridade e/ou expectativa do participante face à trajectória ou ao comportamento de um objecto. De facto, estudos têm mostrado que os erros de localização para diante são dependentes do conhecimento semântico que o participante tem sobre o objecto (Freyd & Miller, 1992; Reed & Vinson, 1996). Por exemplo, embora possuindo configuração semelhante, estímulos envolvendo foguetes e campanários de igrejas não produziram MomRep equivalente. Esta diferença tem sido interpretada como o resultado do conhecimento semântico e subjectivo relativo ao alvo, constituindo um factor de ordem subjectiva tão importante quanto os de ordem mais objectiva. Já a questão do efeito do *feedback* relativo aos resultados do desempenho não é consensual. Para Finke e Freyd (1985), o MomRep trata-se de um efeito que persiste, apesar da prática e do feedback não sendo cognitivamente penetrável: o erro em memória não pode ser erradicado através de manipulação de crenças conscientes, o que levava, nas palavras de Freyd (1983), à “inextricability of time in representation” (p.104).

A investigação mostrou também que o MomRep depende da *coerência do movimento implicado* (Kerzel, 2000). Se a ordem da apresentação dos estímulos for aleatorizada, tornando a mudança de posição inconsistente com o movimento, o efeito pode desaparecer. Especificamente, a ocorrência do MomRep depende da coerência dinâmica e, quando a trajectória de um objecto é ambígua, o resultado pode ser a redução ou mesmo o desaparecimento do efeito de MomRep. Este fenómeno é igualmente observado quando a identidade do objecto é manipulada (e.g., alterações da forma do alvo).

2.2.4 MOMENTO REPRESENTACIONAL E IMAGINARIA MENTAL

One way we reason is by forming and transforming mental images of possible actions, and 'observing' the consequences of those actions.

Smith & Kosslyn (2014, p. 456)

O estudo das representações dinâmicas foi sendo, na generalidade, mantido afastado dos estudos de IM. Pelas afinidades neurológicas que têm sido encontradas (Decety, 1998; Luft et al., 1998), a IM tinha sido, no entanto, já associada ao planeamento motor. Vários autores, alicerçados em diferentes tipos de evidência empírica, defenderam a relação do MomRep com formas de IM como a rotação mental (Freyd & Johnson, 1987; Kelly & Freyd, 1987). O envolvimento de estruturas neuronais comuns aos dois paradigmas (Amorim et al., 2000) assinalam uma ligação, também a este nível, entre os processos envolvidos no MomRep e na IM, para além do registo de correlações significativas encontradas entre medidas de MomRep e de vivacidade da IV (Senior, Barnes, & David, 2001).

O córtex pré-frontal tem sido apontado como estando envolvido em tarefas de MomRep (Rao et al., 2004), o que se apresenta congruente com o que Hubbard (2005) enfatizava relativamente ao recrutamento de processos de alto nível em tarefas de MomRep. Este envolvimento compatibiliza-se com o consenso existente relativamente ao papel do córtex pré-frontal humano no desempenho cognitivo global e nas habilidades específicas que requerem memória de trabalho, planeamento e controlo atencional (e.g., Winterer & Goldman, 2003; Wood & Grafman, 2003). De forma específica, foi demonstrado que a rede cortical frontoparietal (a mesma que encontramos implicada na memória de trabalho) está envolvida na IM, especificamente na rotação mental e no MomRep (Amorim et al., 2000).

A activação do córtex pré-frontal, aquando do visionamento de uma sequência de eventos visuais foi também reportada (Huettel et al., 2002; Marshuetz et al., 2000; Rao et al., 2004) especialmente quando há coerência na sequência dos eventos (como acontece nos eventos implicados). Esta activação foi interpretada como o reflexo de um processo de extrapolação automática (Finke & Freyd, 1989; Hubbard, 1999) ou de antecipação mental (Verfaillie & d'Ydewalle, 1991) da representação em memória da verdadeira posição ao deslocamento para diante, de acordo com o conhecimento

inconsciente do momento físico internalizado dentro do sistema representacional (Hubbard, 1998a, 1999). A primeira - extrapolação automática - enfatiza o papel da memória de trabalho no RepMom, enquanto a segunda - antecipação mental - propõe um mecanismo relativamente independente de memória de trabalho. Outros estudos (Kourtzi & Kanwisher, 2000; Senior et al., 2000) sublinharam o envolvimento da área V5/MT em tarefas de MomRep.

Partindo da clássica situação experimental de Freyd e Finke (1984), Munger, Solberg, Horrocks e Preston (1999a) compararam os desempenhos de participantes em tarefas de rotação mental e de MomRep com sonda mnésica. Se o MomRep assentasse na IM, esperava-se que a magnitude da distorção em memória se correlacionasse positivamente com o declive em tarefas de rotação mental. De facto, comparando o erro de deslocamento com os TR, os resultados abonaram favoravelmente a uma relação entre IM e MomRep. Foram encontrados efeitos paralelos dos eixos de rotação de objectos nas tarefas de rotação mental e de MomRep. Para além disso, uma correlação positiva mostrava que os participantes com taxas de rotação mental mais lentas (com maiores TR e, por isso, maior declive) exibiam distorções da memória (para diante) menores, ou seja, erros de localização inferiores em tarefas de MomRep. Explicava-se que aqueles que rodavam mentalmente de forma mais lenta, também previam que o rectângulo tivesse sido menos “deslocado” em diante, uma vez que tal seria, na concepção dos autores (Munger et al., 1999a), fruto de um processo de rotação mental. Assim, a sugestão interpretativa é que, quando confrontado com um evento implicado, o observador constrói uma representação do movimento suave e linear a partir dessa apresentação intermitente.

Ou seja, na situação específica do acompanhamento visual de eventos implicados, o observador necessita de activamente preencher as lacunas de apresentação (atendendo a que não existem movimentos, uma vez que estes são apenas induzidos pelas sequências) o que é conseguido recorrendo à IM. As orientações em falta seriam, assim, substituídas pela sua imagem mental, o que dava cumprimento e validade às sugestões de que a percepção e IM se encontram intimamente relacionadas (Kosslyn, 1994; Shepard & Cooper, 1982). As relações encontradas entre a Rotação Mental e o MomRep poderiam residir na possibilidade de as representações do movimento de memória de curto termo (MomRep) envolverem alguns mecanismos usados pela IM. De uma forma geral, concluiu-se, em consonância com experiências anteriores (Friedman & Hall, 1996; Parsons, 1987), que existe uma tendência paralela entre o TR

(para respostas correctas e identical trials) e a magnitude da distorção em memória. Parece-nos, no entanto, importante, e para comparação com os dados obtidos neste trabalho, referir a natureza da tarefa de MomRep então em estudo: movimentos implicados, à semelhança dos estudos iniciais, e não deslocamento horizontal contínuo, num movimento de rotação aparente.

A recente reinterpretação do MomRep por White (2012) defende que o que determina as decisões face à última posição de um alvo desaparecido pode residir numa planificação motora de acções, ou na antecipação da intercepção do alvo. Sabe-se, actualmente, que a IM subjaz à fase de planeamento (Toussaint et al., 2013), concebida como especificação das consequências de um plano de acção (Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001; Johnson, 2000; Jordan et al., 2002; Prinz, 1994; Toussaint et al., 2013). Os processos cognitivos que subjazem a ambos os paradigmas podem ser considerados à luz das suas ligações intrínsecas à acção corporal e experiências sensoriomotoras (Feldman & Narayanan, 2004) específicas da relação efectiva e dinâmica com os objectos, o que, a par da forte sugestão da natureza incorporada do MomRep através de uma internalização de informações ambientais, resulta na corroboração de uma relação clara entre IM e MomRep.

3.

Circuito Percepção-Ação: o Tempo-até-ao-contacto

Perception is not something that happens to us, or in us; it is something we do.

Noë (2004, p.1)

Are you really sure that a floor can't also be a ceiling?

Escher (1981)

A mente tem sido considerada, desde a antiguidade, uma caixa negra passiva, intrinsecamente sensorial. Concebida como a recepção inerte de informação, a visão, tornou-se o paradigma exemplar do processamento mental. O comportamento ou acção motora, divorciado do processamento mental (Weimer, 1977, citado por Georgeson, 1997) era visto como uma consequência dos acontecimentos mentais. A visão foi considerada o processo de descoberta, através de imagens, de o-que-está-onde, através do olhar (Marr, 1982). No entanto, temos conhecimento, actualmente, da existência de muitos processos sensoriais que nos trazem o mundo-a-perceber. Num universo dinâmico, o homem recebe muita informação não apenas pela via visual, sendo o seu sistema capaz de apreender várias modalidades sensoriais (cores, tamanhos, formas, distâncias, movimentos), através dos órgãos dos sentidos.

A percepção é, muitas vezes, abordada como um processo de tratamento da informação exclusivo do sistema nervoso central, o que pode representar que a acção está associada apenas ao *output* do processo. No entanto, uma nova abordagem sobre a questão percepção-acção coloca a tónica na percepção como uma janela do corpo enquadrado na sua moldura contextual. Segundo esta perspectiva, a percepção não é gerada por automatismos neurais fixos mas é estruturada pelas contingências sensoriomotoras da interacção do organismo com o ambiente.

A clássica relação percepção-acção tem merecido discussão científica, havendo vozes favoráveis à existência de dois sistemas visuais diferentes para a percepção e acção (Goodale & Humphrey, 2001), outras que apregoam uma complementaridade.

Evidências comportamentais e neurais convergem para apoiar a noção de que a percepção potencia o planeamento automático de acções (Grèzes et al., 2003b), o que conflui com o ponto de vista de que a percepção evoluiu para facilitar a acção, sendo a antecipação fundamental na realização de acções direccionadas (Nijhawan, 1994, 2002). Freedberg e Gallese (2007) sugeriram que a simples observação de um padrão estático, que reflecta o estado resultante de uma acção, pode induzir uma reconstituição do movimento que tornou possível essa produção. Outros trabalhos têm demonstrado que os indivíduos revelam capacidade de representar a continuação de movimentos baseados em imagens estáticas (Freyd, 1983), bem como nas possíveis trajectórias espaciais e temporais desses movimentos (Shiffrar & Freyd, 1990; Nather, Bueno, Bigand, & Droit-Volet, 2011). Do ponto de vista evolutivo, o cérebro desenvolveu-se para nos ajudar a resolver problemas no mundo real, movendo-se pelo espaço e manipulando objectos reais (Noë, 2009). A sobrevivência exige um sistema de percepção capaz de transformar rapidamente representações em acções. O nosso sistema perceptivo parece guardar um corpo que pode mover-se activamente através de seu ambiente e através das representações mentais que cria.

3.1 PERCEPÇÃO PARA A ACÇÃO VS. PERCEPÇÃO PARA O RECONHECIMENTO

*We must perceive in order to move,
but we must also move in order to perceive.*
Gibson (1979, p. 223)

Diferentes linhas científicas têm marcado uma oposição entre *percepção-para-o-reconhecimento* e *percepção-para-a-acção*. Na abordagem ecológica de Gibson (1979) a percepção é para a acção, isto é, a capacidade para perceber evoluiu de uma necessidade de interagir com o mundo, estando a acção no *alfa* da percepção. Nesta abordagem

ecológica, a percepção alicerça-se ao serviço de uma interacção com o mundo e desempenha o papel funcional de intermediária.

A percepção existe ao serviço do planeamento da acção sendo que a acção permite perceber o que, por sua vez, facilita o planeamento de movimentos posteriores. Em termos evolutivos, a percepção existe não apenas para reconhecer os objectos e eventos mas também para providenciar orientação e *feedback* no sentido de facilitar movimentos eficientes e bem-sucedidos. De forma geral, a consecução deste objectivo assenta num diálogo próximo entre as componentes motoras e perceptivas da acção (Montagne et al., 2004). O elo entre percepção e acção é a representação, no seu papel mediador.

A percepção possibilita conhecer as *affordances*¹² dos objectos no nosso meio e, assim, permite-nos guiar as nossas acções de uma forma dirigida a objectivos (Adolph, 1997). Sem esse conhecimento, seria virtualmente impossível, numa abordagem antropológica, discriminar os locais atrás de quais esconder os objectos, ou desenvolver outras acções presumivelmente importantes para a sobrevivência no ambiente ancestral. Sai legitimada a defesa da evolução da percepção como um “processo contínuo de encontrar respostas adequadas para o meio ambiente” (Borghi, 2005, p. 9). A percepção é, neste enquadramento, adaptativa, permitindo reacções rápidas e adequadas aos estímulos que encontramos. Se a percepção realmente evoluiu, principalmente para facilitar a acção (Gibson, 1979), pode prever-se que as percepções devem provocar automaticamente acções apropriadas, sendo os planos de acção, consequências involuntárias das nossas percepções.

A visão desempenha um papel importante neste circuito através de duas funções: por um lado, a percepção de objectos e as suas relações (via cognitiva) e, por outro, o controlo das acções dirigidas aos objectos através de respostas motoras programadas (via motora). A visão existe não só para possibilitar ver o mundo, mas também para guiar os movimentos em direcção a este. De facto, o sistema visual da maioria dos animais, mais do que uma rede de reconstrução do mundo em que vivem, consiste num conjunto de módulos visuomotores, com responsabilidade sobre o controlo visual de uma classe particular de respostas motoras (Goodale & Humphrey, 2001).

¹² *Affordance* refere-se àquilo que o alvo da percepção fornece ao observador, isto é, a relação estabelecida entre a percepção e o potencial de acção do observador. Esta propriedade constitui, na noção desenvolvida por Gibson (1979), o que é directamente percebido pelo observador.

A percepção táctil, por sua vez, envolve movimento dos braços, mãos e dedos, no sentido de apreender as dimensões do objecto percebido, contornos e identidade.

O circuito percepção-acção tem sido considerado como a chave de entendimento da natureza da cognição motora. Trata-se da transformação de padrões percebidos em padrões coordenados de movimentos.

A *Téoria da Codificação de Eventos* (Hommel et al., 2001) advoga um formato de representação comum para os eventos percebidos (percepção) e em-vias-de-geração (acção). As imagens motoras são, nesta linha, “planos de acção” (Prinz, 1994): os objectos são percebidos em função do seu potencial de acção e concebidos em função do modo como um organismo com determinado perfil corporal estabelece interacção com esses objectos.

Na defesa de uma *dissociação* entre os processos, a percepção dependerá de quadros de referência aloclétricos e métricas relacionais, recorrendo os sistemas de acção a quadros de referência egocêntricos e métricas absolutas. A dissociação encontrada entre julgamentos perceptivos e o controlo visuomotor tem enfatizado, por parte de alguns autores, a defesa da especialização de diferentes partes do sistema visual para a percepção e acção, conhecida como a tese do *how/what* (Milner & Goodale, 1998) ou sistema ventral *vs.* dorsal (com o primeiro, vocacionado para a percepção e reconhecimento e o segundo – dorsal – mais especializado na acção e controlo motor).

Ungerleider e Mishkin (1982, 1983) identificaram pela primeira vez, no córtex visual do macaco, a existência de duas vias separadas que denominaram *ventral stream* (com projecção do córtex visual primário para o córtex infero-temporal), e *dorsal stream* (com projecção do córtex visual primário para o córtex parietal posterior). Uma lesão no córtex temporal inferior incapacitá-los-ia de discriminar objectos de formas diferentes, enquanto uma lesão no córtex parietal posterior inviabilizaria o seu desempenho nas tarefas de orientação espacial (Norman, 2001). Estes resultados levaram Ungerleider e Minshkin (1982) a propor um modelo de processamento dual de informação (“onde” *vs.* “o quê”): uma via relacionada com a identificação de objectos – ventral – e uma via mais implicada na sua localização – dorsal, o que iria, de alguma forma, ao encontro da denominação de *what system* para o sistema ventral e de *where system* para o sistema dorsal.

Alguns estudos, em cérebros humanos e em macacos, sugeriram a Goodale e Milner (1992, 1995) a proposta de uma reinterpretação desta dicotomia *what/where*. O modelo de Percepção-Acção de Goodale e Milner (1992, 1995, 2004, 2008) descreve dois

sistemas visuais, funcional e estruturalmente diferentes: “visão para a percepção” – um processamento de via ventral – e “visão para a acção” – processamento de via dorsal. Essas vias têm sido também denominadas, em consonância com os modelos anteriores, como a via *what-stream* e via *how-stream*. Ambas processam a informação visual, mas transformam-na de forma distinta em função de diferentes finalidades. A via ventral (occipito-temporal) processa informação utilizada para o reconhecimento consciente e identificação de objectos. Este modelo tem sido ilustrado por resultados de estudos de neuroimagem (Goodale & Westwood, 2004), de dissociações em populações clínicas (por exemplo, Goodale et al., 1991) bem como de estudos comportamentais, recorrendo a ilusões visuais (Gentilucci, Chieffi, Daprati, Saetti, & Toni, 1996; Goodale & Humphrey, 2001; Lee & Donkelaar, 2002, 1996; Norman, 2002).

Apesar de não constituir uma marcada distinção da versão das funções que Ungerleider e Minshkin (1982) atribuíram ao sistema ventral, esta nova leitura apresenta como principal ponto inovador as funções que confere ao sistema dorsal. Este é, então, entendido não apenas como desempenhando funções de localização dos objectos, mas como constituindo um sistema para o controlo visual e orientação da acção motora. Os autores apresentaram um conjunto de provas que revelavam que o sistema dorsal tem competências de utilização da informação visual para controlar movimentos, sendo, desta forma, dissociado do sistema ventral (Norman, 2002). Assim, a diferença fundamental entre os dois sistemas reside não na informação visual que processam, mas nas transformações que operam na informação visual disponível.

Para Goodale e Humphrey (1995, 2001) pretender-se-ia um abandono da simplista dicotomia *object/spatial vision*, em prol da adopção de uma focalização nas diferentes exigências dos sistemas de *output* que cada via de processamento serve (Goodale & Humphrey, 2001, p. 315). Assim, o sistema ventral transformaria a informação visual numa organização aloccêntrica, possibilitando a percepção dos objectos na sua relação com o mundo visual (Norman, 2002), e o sistema dorsal processaria a informação visual numa organização egocêntrica, permitindo ao actor a manipulação do objecto e o exercício de domínio sobre ele. De acordo com esta nova proposta, o sistema ventral desempenha um papel na construção de uma representação perceptiva do mundo e dos objectos dentro deste, enquanto o sistema dorsal medeia o controlo visual das acções dirigidas àqueles objectos (Goodale & Humphrey, 2001).

As representações aloccêtricas são usadas para o reconhecimento de objectos num mundo no qual estes são codificados em relação uns aos outros e ao ambiente.

No entanto, a função da via ventral não se restringe à percepção, alargando-se à acção a sua influência e envolvimento. Mais especificamente, sugere-se que a via ventral está envolvida no planeamento de acções, que ocorrem antes de a acção acontecer. Como os processos de planeamento dependem da informação visual (alocêntrica), cognitiva e informação semântica, são sensíveis, por exemplo, a efeitos das experiências subjectivas anteriores, sendo compatíveis com a tese da especificidade corporal (Willems et al., 2009) bem como a ilusões visuais (ver também Glover, 2004). Já a via dorsal (occipito-parietal) processa as informações para orientar as acções dirigidas. Portanto, uma representação egocêntrica é também necessária para corrigir erros espaciais durante o movimento.

Reencontramo-nos, aqui, perante uma distinção que extrapola a dicotomia *What/where* (Goodale & Humphrey, 2001) ou a *object vision vs. spatial vision* (Georgeson, 1997). Um sistema prende-se apenas com “the world out there independent of the observer” enquanto o outro se direcciona para “the observer’s action within that visual world” (Milner & Goodale, 1995, p. 63). Em suma, nesta perspectiva, os atributos estruturais e espaciais dos objectos alvo, i.e., da coisa-a-percepcionar, são processados por ambos os sistemas, com diferentes objectivos: no sistema ventral a informação é processada tendo em vista intenções perceptivas, enquanto no sistema dorsal alguns parâmetros dos objectos são transformados no sentido do controlo das acções (Goodale & Humphrey, 2001).

Não se pretende argumentar que a distribuição dos *inputs* visuais subcorticais não difere entre os dois sistemas. Esta reinterpretação consiste, sim, em defender que “the main difference lies in the nature of the transformations that each stream performs on those two sets of inputs” (Goodale, 2001, p. 316). Surgia, assim, para Goodale e Milner (1992), a sugestão da mudança da ênfase na percepção espacial para a tónica na informação espacial para a acção (Deubel et al., 1998).

Outra distinção foi sugerida por Jeannerod (1994) que discriminou um modo semântico de processamento localizado no lobo temporal - sistema ventral - de um modo pragmático localizado no córtex parietal - sistema dorsal. O processamento realizado no sistema ventral permitiria o reconhecimento dos objectos, estando o processamento no sistema dorsal vocacionado para a informação crítica acerca das características dos objectos, como orientação, tamanho e forma, que permitam alcançá-los.

Assim, a crença na existência de dois sistemas visuais não é grandemente inovadora, mas pode considerar-se recente na história da Psicologia (e da Psicologia Cognitiva).

No final dos anos 60 (séc. XX) foi realizado um conjunto de estudos, inicialmente com animais, que trouxeram importantes contributos nesta matéria. Shneider (1969, citado por Norman, 2002; Post et al., 2003) descreveu situações experimentais com hamsters com ablação do córtex visual cortical que os incapacitava de discriminar formas dos objectos não os impedindo, no entanto, da capacidade de orientação em relação a estes. Em contraste, num segundo grupo de hamsters, com desconexão do colículo superior revelaram-se efeitos opostos, i.e., apesar de facilmente discriminarem os objectos que viam, mostravam-se incapazes de se orientar no espaço. Na sequência desta evidência, concluiu a favor da existência de dois sistemas visuais no hamster: um sistema cortical que responderia à questão “what is it?” e um sistema sub-cortical que responderia à questão “where is it?” (Deubel et al., 1998; Norman, 2001).

Muitos dos argumentos a respeito das funções dos dois sistemas visuais e da sua dissociação provêm de estudos realizados com populações clínicas em quem, aparentemente, um dos sistemas se encontra danificado devido a uma lesão cerebral. Esta perspectiva dos dois sistemas de processamento visual postula que representação e objecto são diferentes e dos quais apenas um poderá ser considerado verdadeiramente perceptivo (Georgeson, 1997), sendo o outro mais vocacionado para a orientação visuomotora das acções. Esta corrente encontrou apoio em estudos realizados nos domínios da neuroanatomia, neurofisiologia, neuropsicologia, estudos de movimentos oculares e psicofísica, com especial ênfase nas dissociações entre a percepção e o controlo visual da acção.

Lesões no sistema dorsal – Estudos neuropsicológicos realizados em pacientes com lesões no lobo parietal (porção superior do córtex parietal posterior) que, presumivelmente teriam algumas funções do sistema dorsal comprometidas, denunciaram que alguns deles apresentavam um defeito clinicamente denominado de síndrome de ataxia óptica (Balint, 1909, citado por Goodale & Humphrey, 2001; Norman, 2002)¹³. Estes pacientes revelavam-se incapazes de usar informação visual para alcançar objectos no hemisfério contralateral à lesão (Goodale & Humphrey, 2001, p. 316) e manifestavam

¹³ Também denominado por *Balint-Holmes Syndrome* (Goodale & Humphrey, 2001) diz respeito a um síndrome que combina paralisia de fixação visual, ataxia óptica e compromisso na fixação visual. Caracteriza-se por incapacidade de execução de movimentos voluntários em resposta a estímulos visuais. Apesar de normal acuidade visual, os pacientes percebem apenas um objecto, do qual mal conseguem mover os olhos, enquanto os outros não são reconhecidos. Trata-se de uma desordem muito rara da função oculomotora devida a lesões bilaterais dos lobos parietal e occipital.

grandes dificuldades na execução do movimento motor adequado em direcção a alvos apresentados visualmente (Norman, 2002). No entanto, surpreendentemente, estes pacientes não apresentavam qualquer dificuldade no uso de outras informações sensoriais, como a propriocepção para controlar a acção de alcançar o objecto. Também não revelavam qualquer dificuldade no reconhecimento ou descrição de objectos apresentados naquele campo visual, nem qualquer problema de discriminação e identificação visual de estímulos de qualquer tipo (Gazzaniga, 1998; Goodale & Humphrey, 2001; Norman, 2002). Encontrávamo-nos perante um defeito nem puramente visual nem puramente motor, mas visuomotor. Não poderia ser explicado como um distúrbio na visão espacial, porque, de facto, esta se apresentava intacta: o sujeito descrevia com exactidão a localização relativa dos objectos no campo visual contralateral (Johnson, 1987) à lesão, apesar da incapacidade de os alcançar. Várias observações em laboratórios mostraram que pacientes com lesões no córtex parietal posterior apresentavam défices na capacidade de ajustamento da orientação da mão quando pretendiam alcançar um objecto (Goodale & Humphrey, 2001, p. 317). Simultaneamente, apesar da incapacidade do ajustamento da abertura da mão (e grau de oponência dos dedos), tendo em conta o tamanho dos objectos a alcançar, revelavam grande precisão na estimativa perceptual dos objectos, não manifestando qualquer dificuldade na descrição verbal da orientação e localização do objecto. No entanto, o sucesso da acção para alcançar um objecto exige, do sistema visuomotor, o processamento da forma e delimitação das fronteiras do objecto que permita, através do ajustamento correcto dos dedos, a apreensão adequada, o que não era revelado pelos pacientes.

Uma experiência clássica, descrita por Goodale e colaboradores (1994), relata o caso de um paciente – RV – que apresentava lesões bilaterais na região occipito-parietal a quem foi pedido para pegar com precisão num conjunto de objectos pequenos, assimétricos, o que exigiria a colocação do indicador e do polegar na posição adequada em cada lado do objecto (se tal não acontecesse, o objecto saltaria do domínio da mão do sujeito). Verificou-se que, apesar de o paciente, pronta e exactamente, distinguir os objectos uns dos outros, aquando da colocação dos dedos na posição adequada, frequentemente falhava, cometendo muito mais erros que os participantes controlo ou com agnosia (Goodale & Humphrey, 2001).

Lesões no sistema ventral – De forma análoga às lesões anteriormente referidas, surgem relatos de indivíduos com lesão no sistema ventral que apresentam padrões de comportamento opostos: apesar de realizarem com sucesso a tarefa do direccionamento da mão para agarrar o objecto, revelavam-se incapazes de reconhecer o que estavam a apreender. Goodale e Humphrey (2001) relatam o caso de uma paciente, estudada em 1991 - DF - que tinha desenvolvido uma agnosia visual (com afecção no córtex infero-temporal). A paciente revelava-se incapaz de recorrer eficazmente ao sistema ventral para analisar o *input* visual, i.e., apresentava um tipo extremo de agnosia visual (Norman, 2002). Mostrava-se incapaz de reconhecer faces de familiares ou amigos, bem como de discriminar formas de objectos (Goodale & Humphrey, 2001; Milner & Goodale, 1995). Não apresentava, no entanto, problemas na identificação de pessoas através da sua voz ou objectos através do tacto: os seus problemas perceptivos eram, exclusivamente, visuais. Revelava-se capaz de desenhar objectos por memória, com precisão, tornando-se incapaz de o fazer por cópia, como também não conseguia reconhecer os objectos por si desenhados (Norman, 2001). O seu fracasso não se devia a uma falência no *input* visual e evocação de representações guardadas. Tratava-se de um compromisso de organização perceptiva, um défice que Lissauer (1890, citado por Goodale & Humphrey, 2001) denominou agnosia perceptiva, i.e., apesar de não copiar desenhos, sabia desenhá-los razoavelmente com recurso à memória de longo termo, o que revelava uma representação visual intacta e sugeria um profundo défice no processamento perceptivo da forma, sem qualquer dificuldade na correspondente representação mental cerebral. A ressonância magnética mostrava um padrão de lesão difusa no cérebro consistente com anóxia, estando a lesão mais marcada situada na região ventrolateral do lobo occipital, preservando-se o córtex visual primário (Goodale & Humphrey, 2001). O bom desempenho em actividades visuomotoras sugeria que DF mantinha um sistema dorsal intacto. DF tornou-se um caso clássico encontrando-se descrito em várias fontes literárias (Deubel et al., 1998; Goodale & Humphrey, 2001; Norman, 2002).

Nesta sequência, Goodale et al. (2001) relatam num estudo sobre orientação e percepção do tamanho: quando era pedido a uma paciente para inserir uma carta numa caixa com ranhura com vários ângulos, ela não apresentava qualquer dificuldade na orientação da mão para a postura correcta apesar de, verbalmente, ser incapaz de referir qual a orientação que a mão deveria assumir com a carta¹⁴. O mesmo acontecia relativamente à seriação de cartas de tamanhos diferentes: apesar de se revelar incapaz de referir qual a mais pequena, DF não tinha qualquer problema em ordená-las correctamente. As capacidades visuomotoras de DF foram testadas também em tarefas de deslocação motora. Apesar de incapaz de traçar um plano motor verbalmente, DF conseguia deslocar-se sob controlo visual, contornando obstáculos sem grande dificuldade e respondendo a orientações verbais de movimento, negociando com exactidão o contorno entre os objectos durante a locomoção. Os resultados obtidos com esta paciente facultaram a Goodale e Humphrey (2001) novas evidências relativas à existência de vias separadas no processamento de *inputs* de informação visual para percepção e acção. O que se verificou foi que, apesar de o *input* do córtex visual primário para o sistema ventral se encontrar comprometido, o *input* desta estrutura para o sistema dorsal parecia intacto e poderia continuar a mediar as respostas visuomotoras.

Blindsight - A dissociação percepção/acção que tem vindo a ser discutida, e para a qual DF (Goodale & Humphrey, 2001) nos deu indicadores enriquecedores, foi também observada noutros pacientes com lesões neurológicas. Foram encontradas dissociações mais marcadas em indivíduos com lesão do córtex visual primário que, ao contrário de DF, referiam nada conseguir ver no campo contralateral à lesão. Estes sujeitos com *blindsight* - completa ausência de experiência visual num hemisfério visual - demonstraram sob determinadas condições de teste, capacidades visuais residuais neste campo “cego” verdadeiramente surpreendentes. Podemos encontrar descrito (Perenin & Rosseti, 1996) o comportamento de um paciente com marcadas lesões occipitais que incluíam todo o córtex visual primário do hemisfério esquerdo e que referia não ter consciência de qualquer estímulo visual apresentado no campo visual direito. No entanto, quando convidado a alcançar objectos no campo cego, o paciente orientava com precisão os movimentos da sua mão nesse sentido, de acordo com o tamanho e localização exactos dos objectos. Do exposto, o défice de DF seria

¹⁴ Podemos encontrar figuras ilustrativas desta situação em diferentes manuais (Gazzaniga, 1998, p. 175; Goodale & Humphrey, 2001, p. 320; Norman, 2002, p. 17).

caracterizado como uma “form-specific blindsight” por Goodale e Humphrey (2001, p. 323) pela incapacidade de percepção da forma dos objectos, apesar da capacidade do uso correcto da informação relativa à forma necessária para direccionar os movimentos (apesar de se distinguir da *blindsight* pela perseveração do movimento, da cor e textura dos objectos).

Encontram-se, ainda, evidências da existência de dois sistemas visuais diferentes para a percepção e para a acção em trabalhos realizados no domínio da Psicofísica (Goodale & Humphrey, 1998; Norman, 2002; Post et al., 2003). Por exemplo, é consensual que a nossa percepção da posição de um pequeno círculo é grandemente afectada pela posição das imagens que o rodeiam. Assim se explica que quando um quadro de imagens exteriores se move inesperadamente para a esquerda, tipicamente o vemos como estacionário e o círculo movendo-se para a direita. Houve, no entanto, um conjunto de investigações que demonstraram que o nosso sistema visuomotor não é trapaceado por essas manipulações e quando nos é solicitado que apontemos para o círculo nesse sentido, o nosso movimento não é influenciado por alterações na mudança na posição do conjunto exterior apontando quase sempre na posição correcta. Uma situação experimental levada a cabo por Bridgeman, Kirch, e Sperling (1981) concluiu que no fenómeno da supressão sacádica, quando os alvos se movem levemente durante a sacada, estas pequenas deslocações não são registadas pela resposta verbal, enquanto o comportamento de apontar (e o movimento ocular) é influenciado por esta mudança. Concluía-se, assim, que a ilusão do movimento induzido afectava as respostas verbais, mas as respostas motoras não sofriam a ilusão.

3.2 TEMPO-ATÉ-AO-CONTACTO

“Vivo sempre no presente. O futuro, não o conheço. O passado, já o não tenho.

Pesa-me um como a possibilidade de tudo, o outro como a realidade de nada.

O meu passado é tudo quanto não consegui ser. (...)

Há um virar de página e a história continua, mas não o texto.”

Pessoa (1986, p.90)

To begin locomotion, therefore, is so to contract the muscles as to make the forward optic array flow outward. To stop locomotion is to make the flow cease. To aim locomotion at an object is to keep the centre of flow of the optic array as close as possible to the form which the object projects

To reverse locomotion is to make it flow inward. To speed up locomotion is to make the rate of flow increase and to slow down is to make it decrease. Na animal who is behaving in these ways is optically simulated in the corresponding ways, or, equally, an animal who so acts as to obtain these kinds of optical stimulation is behaving in the corresponding ways.

Gibson (1958, p.187)

Uma das mais importantes funções da visão, na qual a investigação em Psicologia da Sensação e Percepção se tem concentrado é, precisamente, a criação de um modelo interno ou percepto do mundo externo – uma representação que nos permita pensar sobre objectos, mesmo ausentes, e compreender eventos. Observar um alvo em movimento apela, primeiramente, à sua visualização. Há, no entanto, como já vimos, um outro atributo da visão orientado não só para a percepção dos objectos como também para o controlo de acções que lhes são dirigidas (Goodale & Humphrey, 2001).

A percepção, em linha com a reflexão que temos vindo a realizar, não constitui um fim, por si só. Ao salientar o papel activo e exploratório da percepção, Gibson (1979, 1986) considerava que a função dos processos perceptivos servia para cumprir objectivos de interacção proactiva com o mundo. Isto é, o que é percebido oferece potencial de acção ao observador, num encontro com a possibilidade de interacção (conceito de *affordance*/potencialidade de acção) com os elementos de um mundo em relação.

3.2.1 O PARADIGMA

O estudo do tempo e espaço tem sido central nas ciências cognitivas e em particular, na investigação no domínio das representações dinâmicas. O dinamismo e complexidade da vida quotidiana requerem uma interacção com objectos que constantemente surgem no mundo visual, no sentido de os interceptar, apreender ou evitar. A capacidade de previsão do momento e local em que determinado alvo poderá encontrar-se, e/ou encontrar-nos, assenta em patamares antropológicos de sobrevivência, transversais a etapas filogénicas e ontogénicas. De um ponto de vista evolutivo, a sobrevivência depende da capacidade de identificar objectos, compreender o seu significado, as relações causais entre estímulos, a fim de organizar um plano de acção ou um comportamento adequado. Neste contexto, a visualização contínua dos objectos em movimento no mundo visual é crítica. De facto, considera-se hoje que as intercepções eficazes dependem de uma visualização contínua do alvo, uma ideia que se encontra bem representada por expressões como “mantém os olhos na bola” (Sperig, Schütz, Braun, & Gegenfurtner, 2011) retiradas de contextos quotidianos.

Uma acção interceptiva dinâmica exige a previsão do momento de contacto, com base em informações relativas ao alvo. Na preparação ou evitamento do impacto é, no entanto, igualmente necessária uma coordenação precisa entre a informação visual relativa à trajectória do alvo e à cinemática do efector final, por exemplo, a velocidade do movimento da mão (Caljouw, der Kamp, & Salvendy, 2004), de forma a poder realizar-se, com eficácia, acções como defender-se, atingir, ou agarrar.

De facto, os seres humanos têm, desde etapas precoces da filogenia, revelado capacidade de prever com sucesso a posição futura de objectos em movimento (DeLucia, 2004; Marinovic, Plooy, & Tresilian, 2009). Em algumas dessas situações é possível que o alvo de interesse permaneça escondido algum tempo da sua trajectória, não sendo possível a sua visualização durante todo o percurso. Isto significa que uma intercepção eficaz do objecto vai depender da capacidade de prever, de forma tão aproximada quanto possível, o tempo real de oclusão.

Estudos mais recentes têm sugerido que os indivíduos apresentam competências de reconstituição de actividades sensoriomotoras associadas a uma acção não apenas quando acompanham visualmente, mas também quando o movimento é parcialmente ocultado. Por exemplo, isto pode acontecer quando um indivíduo apanha uma bola lançada por outrem, ou atravessa em segurança uma estrada movimentada, quando

a visualização contínua não é possível, isto é, quando existe um tempo de oclusão de um alvo a contactar ou a evitar (Battaglini, Campana, & Casco, 2013; DeLucia & Liddell, 1998; Tresilian, 2004).

Nestes casos, para manter a oportunidade de interacção com o objecto em movimento, na ausência da informação visual contínua, há a necessidade de julgar o tempo restante para contacto entre objectos que se aproximam (Bootsma & Oudejans, 1993), ou entre determinado objecto e o observador, sendo crucial a precisão com que o julgamento é realizado nesta interacção com o meio.

Apesar de parecer trivial acompanhar visualmente objectos, após oclusão, e prever a sua localização, com objectivos de defesa (evitamento) ou estabelecimento de interacção eficaz (intercepção), revela-se, na verdade, uma tarefa complexa que implica a previsão de trajectórias futuras. Assim, um aspecto determinante de intercepções bem-sucedidas é a capacidade de avaliar a “quantidade” de tempo necessário a determinado objecto para contactar com um observador, ou outro obstáculo, isto é, calcular quando vai ocorrer, e se vai ocorrer (DeLucia, 2004).

Esta estimativa é, comumente, realizada com recurso ao paradigma *time-to-contact* (TTC: tempo-até-ao contacto; DeLucia, 2004; DeLucia & Novak, 1997). Esta capacidade tem sido tipicamente estudada através de tarefas de *predição do movimento* (Tresilian, 1995; Rosenbaum, 1975): um objecto é apresentado em movimento, deslocando-se normalmente a uma velocidade constante até desaparecer por trás de uma estrutura ocludente. Ao observador é solicitado que indique, através da pressão de um botão, o momento no qual o objecto atingiria um ponto designado da cena visual (e.g., em que reemergiria da estrutura de oclusão, ou se encontraria num local especificado), caso mantivesse as características do seu movimento (Rosenbaum, 1975; Ehrenstein, 2003).

Este fenómeno pode apresentar-se sob algumas variantes, sendo também conhecido por *time-to-collision* (o tempo até à colisão com um alvo estático); *time-to-passage* (até à passagem de determinado alvo); *time-to-arrival* (até à chegada a determinado local) (DeLucia, 2004; Tresilian, 2004). Esta estimação do TTC tem sido estudada considerando movimentos em profundidade ou aproximação (Field & Wann, 2005), no plano sagital, movimentos laterais, ou no plano frontoparalelo (DeLucia & Liddell, 1998; Hecht, Kayser, Savelsberg, & Van der Kamp, 2002). Nos estudos apresentados nesta tese, e para efeitos de clareza, optamos por usar a sigla TTC (DeLucia & Liddell, 1998; DeLucia, 2004) para nos referirmos a qualquer destas situações.

Conforme delineado anteriormente, o TTC pode ser definido como o tempo que

um observador ou objecto necessitam para entrar em contacto com uma superfície sob velocidade supostamente constante (Alenya, 2009), ou seja, o intervalo de tempo restante, num dado momento, até que esse objecto, em movimento, alcance um ponto específico de contacto. O modelo TTC tem sido estudado com recurso a tarefas de intercepção de obstáculos, sendo, na perspectiva de Tresilian (2004) impossível compreender a percepção de TTC sem entender tarefas de intercepção.

O TTC tem sido aplicado na avaliação de competências de extrapolação do movimento (Ehrenstein, 2003; Jagacinski, Johnson, & Miller, 1983), nomeadamente com o objectivo de evitamento de obstáculos (Soechting & Flanders, 2008; Hof, Kamp, & Savelsbergh, 2004; Keil & Lopèz-Moliner, 2012), seguimento ou captura de alvos em condições de oclusão intermitente (Hecht, Keiser, Savelsbergh & Van Der Kamp, 2002). Tem, igualmente, contribuído para a compreensão de processos associados à previsão de outros acontecimentos que podem depender de reflexos visuais rápidos, como em contexto desportivo ou tráfego automóvel (DeLucia & Mather, 2006) e que se pretendam adaptativos.

Os resultados encontrados em tarefas de TTC têm revelado uma subestimação, ou seja, um erro de antecipação, por parte dos observadores relativamente ao momento de contacto (Caird & Hancock, 1994; Cavallo & Laurent, 1988; DeLucia, 2004; Gray & Regan, 2000; Schiff & Detwiler 1979; Schiff & Oldak, 1990). Uma das primeiras sugestões de interpretação desta tendência de subestimação no TTC sugeriu um enviesamento de antecipação destinado ao evitamento de colisões (Gray & Thornton, 2001). Diferentemente de acções como agarrar ou interceptar, o evitamento exige uma antecipação para garantir o sucesso (Keil & López-Moliner, 2012) e implica uma atitude preventiva face à chegada ao obstáculo, resultando, assim, numa subestimação do TTC. Algumas interpretações enfatizam o papel determinante de mecanismos “incorporados”, que mobilizam o sistema motor e postural bem como de experiências prévias de acção sobre os objectos, e têm sido suportadas em domínios como a estimação do alcance (reach) dos movimentos (Calabro, Beardsley, & Vaina, 2011; Fischer, 2004) ou julgamento prospectivos da preensão (Johnson, 2000). Uma observação frequente nestes casos é a subestimação das capacidades de realização de uma acção (e.g., subestimação do alcance físico real nas condições fixadas) pelo participante, reflectindo a preferência por acções confortavelmente aquém das condições físicas limite de execução – *absolute critical boundaries* – (Mark et al., 1997), preferência essa que se manifesta sempre que aos participantes é dada a oportunidade de escolher o modo de execução.

3.2.2 FACTORES / ESTRATÉGIAS DE ESTIMAÇÃO DO TTC

O estudo desta previsão do movimento levanta questões importantes: Será que as pessoas usam regras para fazer essas previsões? Como é que um indivíduo estima o TTC de forma que lhe permita o controlo temporal adequado numa tarefa particular? Que informação é usada? Qual a natureza da estratégia usada para temporizar uma acção? Que factores concorrem para esta previsão?

A teoria do *tau* - τ - (Lee, 1976, citado por Lee, 1998), um invariante presente no fluxo óptico, surgiu como tentativa de resposta a esta questão, tendo sido exemplificado com o caso de um condutor que, ao aproximar-se de um alvo, tem necessidade de parar para evitar a colisão. Um comportamento que mantenha o condutor em segurança exige que ele tenha acesso a informações relativas ao tempo para contacto entre o veículo e o obstáculo. Após observação da distância e da velocidade do veículo, com recurso a uma métrica perceptiva, este valor (τ) seria obtido através da razão entre o ângulo visual subentendido pela diferença entre a posição do alvo e o seu destino e a taxa de alteração desse ângulo. Mais simplesmente, a divisão da distância remanescente pela velocidade do veículo dará o tempo real de que o condutor dispõe até ao contacto, ou seja, o TTC. Vários autores têm sugerido que as pessoas usam essa relação em várias tarefas diárias (Lee, 1998; Lee, Young, Reddish, Lough, & Clayton, 1983; Todd, 1981). O τ viria a ser um dos conceitos mais associados ao TTC.

Uma das características de tarefas de TTC, como vimos exposto, é a ocorrência da resposta na ausência de informação visual (Jagacinski, Johnson, & Miller, 1983; Schiff & Oldak, 1990; Tresilian, 1995). Crê-se que na resolução da tarefa, os observadores desenvolvem um modelo cognitivo de movimento visível do objecto que usam para o processo de extrapolação, depois do desaparecimento, e para estimar, desta forma, o TTC (Schiff & Oldak, 1990; Tresilian, 1995) e, logo, o momento de contacto. Tem sido, assim, considerado que a estimativa de TTC envolve uma representação interna ou cognitiva da trajectória visível do objecto (Tresilian, 1995). Será, assim, usada uma internalização de informações ambientais para simular o deslocamento em direcção ao alvo, quando a visão é interrompida (Thomson, 1983). Dessa forma, os erros observados em julgamentos de TTC podem ser atribuídos a um modelo impreciso interno do movimento do objecto (Jagacinski et al., 1983). Uma hipótese adiantada para justificar este desfasamento prendia-se com a “compensação dos atrasos neurais” (Nijhawan, 1994, 2008) que possibilitaria, se houvesse necessidade de uma intercepção motora

com o objecto, que essa interacção ocorresse no local e momento exactos, havendo, dessa forma, a compensação dos possíveis atrasos na transmissão neural.

Ao julgar o TTC, a decisão dos observadores dependerá, grandemente, de informações codificadas do(s) objecto(s). Algumas variáveis foram manipuladas a fim de determinar qual a informação privilegiada pelos participantes para estimar o tempo provável de impacto (Caird & Hancock, 1994; DeLucia, 2004; Gray & Regan, 2000; Schiff & Oldak, 1990), ou seja, o TTC *tout-court*. Estas variáveis encontram-se relacionadas, por exemplo, com a velocidade do alvo (real, ou ilusória: Battaglini et al., 2013; Yakimoff, Bocheva & Mitrani, 1987), com a sua aceleração ou desaceleração (DeLucia & Tharanathan, 2009; Benguigui, Ripoll, & Broderick, 2003), com a duração/distância do trajecto ou distância oclusa (Finke & Freyd, 1985; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Bennett, Baures, Hecht, & Benguigui, 2010; Peterken, Brown, & Bowman, 1991), com a extensão da trajectória visível (Sokolov e Pavlova, 2003), ou o tamanho do obstáculo (DeLucia & Warren, 1994, DeLucia, 1999; Hosking & Crassini, 2010). Podem, ainda, ter impacto as condições impostas aos participantes como a permissão ou inibição dos movimentos oculares (fixação *vs.* acompanhamento ocular do alvo (Brenner & Smeets, 2005; Ehrenstein, 1994; Krukowski et al., 2003), ou a natureza do objecto em movimento (havendo relatos de situações experimentais com auto-movimento: Capelli, Berthoz, & Vidal, 2010), bem como o quadro de referência assumido (Carriot et al., 2008) que pode, por sua vez, depender de algumas das características referidas.

Sendo a estimativa baseada na distância mais estável e mais associada à distância física, a velocidade do alvo tem revelado determinar fortemente o desempenho dos participantes ao comparar-se diferentes dimensões de alvos (e.g., a velocidade de objectos maiores tem-se revelado, frequentemente, subestimada: Yakimoff, Bocheva & Mitrani, 1987). Tem sido também demonstrado que a duração do movimento do alvo ocluso é percebida como mais curta (rápida) após um ensaio anterior com velocidade rápida, e vice-versa (Makin, Poliakoff, Chen, & Stewart, 2008). Sokolov e Pavlova (2003) demonstraram, por seu lado, que o erro de estimativa dependia, neste caso, não de um único factor mas da interacção entre a velocidade e tamanho do alvo.

Informações de profundidade, como o tamanho relativo, podem fornecer heurísticas mais poderosas do que invariantes ópticos, como o *tau*. Podia ser expectável que as pessoas tivessem mais confiança em invariantes do que em sugestões de profundidade. No entanto o *size-arrival effect* (DeLucia, 1991) tem mostrado um efeito que pode ser o oposto: pessoas relataram que um objecto de maiores dimensões que

se aproxima os atingiria mais cedo do que um objecto mais pequeno e mais próximo que, de facto, os teria atingido primeiro. Este “efeito de tamanho de chegada” tem sido demonstrado em várias experiências nas quais um objecto maior é avaliado como tendo um TTC anterior (mais cedo) do que o de um objecto mais pequeno (Caird & Hancock, 1994; DeLucia, 2013; DeLucia & Warren, 1994; Smith et al., 2001). Este efeito do tamanho sobre a percepção do momento de colisão parece desobedecer às teorias da percepção do TTC, baseadas unicamente no invariante *tau*, e sugere que a percepção é baseada em várias fontes de informação, incluindo heurísticas. O efeito de tamanho de chegada pode, potencialmente, levar os motoristas a julgar erradamente, por exemplo, o momento de uma intercepção, sendo considerado, em contexto real, um agente causador de acidentes de moto.

Uma outra classe de operações cognitivas que podem estar envolvidas em tarefas de TTC envolve um *overclocking*, ou mecanismo de temporização (DeLucia & Liddel, 1998; Tresilian, 1995). Especificamente, os observadores podem, inicialmente, estimar o TTC antes do desaparecimento do objecto e usar um processo de relógio para a contagem do tempo. A resposta é iniciada quando o tempo atinge o TTC estimado. Este processo pode, potencialmente, explicar como os observadores calculam o tempo da resposta, para coincidir com o seu julgamento de TTC após desaparecimento.

Os limiares de antecipação motora, de cada observador podem desempenhar um papel na estimação do TTC. Estes limiares são subjectivos e determinados pelas experiências de interacção com o mundo e os objectos (e.g., intercepção, captura, evitamento) e incorporados no repertório específico de acções dos indivíduos (König, Wilming, Kaspar, Nagel, & Onat, 2013; White, 2012).

Os participantes podem também fazer assentar as suas estimativas em diferentes *quadros de referência*, mais egocêntricos ou mais allocêntricos, que podem depender da tarefa (Carriot et al., 2008). Por exemplo, os indivíduos tendem a ser mais propensos a empregar um referencial egocêntrico para estimar o TTC de um objecto que se aproxima (de si) e um referencial allocêntrico para estimar o tempo de contacto entre dois corpos que colidem (Le Séac’h, Senot, & McIntyre, 2010).

3.2.3 TEMPO-ATÉ-AO-CONTACTO, IMAGINARIA MENTAL E MOMENTO REPRESENTACIONAL

Um dos mecanismos envolvidos na determinação do TTC, e que constitui um dos principais modelos explicativos do paradigma, é a *extrapolação cognitiva do movimento* (DeLucia & Liddell, 1998). Observações informais de movimentos oculares durante o trajecto escondido indicaram que a maioria dos observadores acompanha continuamente esse trajecto com o olhar, como se o alvo fosse ainda visível. Outros exemplos mostram que os observadores actualizam o olhar em intervalos regulares na direcção do obstáculo. Desta forma, os observadores imaginam que o objecto prossegue a deslocação após o desaparecimento, acompanhando, com os movimentos dos olhos, o movimento visível do objecto até que o ponto final seja atingido respondendo quando o objecto imaginado alcança o obstáculo. Este rastreamento pode envolver um *spotlight* atencional (Lyon & Wang, 1995) ou incluir uma estratégia de IM (Rosenbaum, 1975). Esta última possibilidade implicaria a convocação de uma modalidade de IM para resolver a tarefa, através da extrapolação da trajectória do alvo desaparecido (Munger et al., 1999), a partir de uma representação das propriedades desse movimento. Esta intervenção da IM, defendida noutros contextos por autores como Rosenbaum (1975), atribui à IM uma função de extensão cognitiva do movimento.

Alguns estudos sugeriram, assumidamente, uma associação importante entre o TTC e a IM (Battaglini et al., 2013; DeLucia & Liddell, 1998; de'Sperati & Deubel, 2006; Gilden & Hurst, 1995; Gray & Thornton 2001; Jonikaitis et al., 2009; Rosenbaum, 1975). Hipoteticamente, encetando um processo de IM na resolução de tarefas de TTC, o movimento prolongar-se-ia, permitindo uma actualização dos locais possíveis em que o alvo encontraria o obstáculo durante o trajecto ocluso. Este acompanhamento seria facilitado pela memória ou representação interna das propriedades do alvo (Battaglini et al., 2013).

A observação de uma tendência para maior subestimação do TTC em participantes com menor MomRep (Gray & Thornton, 2001), através de uma pressão antecipada do botão que anuncia o momento de contacto, levantou a hipótese de uma possível relação entre os dois paradigmas: MomRep e TTC. A possibilidade desta ligação directa pode entender-se compatível com o modelo de extrapolação cognitiva do movimento (DeLucia & Liddell, 1998; Tresilian, 1995). Atendendo a que a avaliação da posição final de um objecto em movimento implica um erro de localização na memória na

direcção do movimento (MomRep), deduzia-se, decorrente disto, a forte possibilidade de o tempo de contacto previsto entre um alvo e uma barreira estacionária para a qual se direcciona, ser, igualmente, subestimado, antecipando a sua chegada. Ou seja, um erro de localização para diante da última posição do alvo (prerrogativa do MomRep) produziria uma antecipação do momento do contacto.

De forma associada, encontramos uma relação entre o TTC e o MomRep. Os resultados das experiências de Gray e Thornton (2001) apontam muito directamente para esta ligação entre as estimativas de TTC e o erro de MomRep: a subestimação do tempo de chegada (do alvo ao obstáculo) e a magnitude dos erros de localização espacial revelaram covariar em função das condições do evento observado. Estas condições mostraram ter uma implicação directa, e no mesmo sentido, na subestimação do tempo (antecipação) nas situações de TTC e de desfasamento localizacional/espacial no que respeita ao MomRep. A observar-se a deslocalização em memória da posição final de um alvo móvel, desfasada no sentido do seu movimento (deslocamento-M), o tempo de colisão do mesmo alvo com um objecto estático pode ser subestimado, planeando a ocorrência desse contacto mais cedo do que realmente acontecerá. Esta explicação encontrar-se-á na base da tendência geral de subestimação observada nas tarefas de predição de movimento (Gray & Thornton, 2001) encontrada com a presença de erros de localização do alvo para diante, isto é participantes com maior MomRep (deslocamento-M) tendiam a uma maior subestimação do TTC. O papel desempenhado tanto pelo deslocamento-M como pela extrapolação do movimento (estudado com recurso ao TTC) na compensação dos atrasos neurais (Nijhawan, 1994, 2008) aproxima os paradigmas no envolvimento dessa associação percepção-acção (Ehrenstein, 2003; Hubbard, 2006; Marinovic et al., 2012).

As relações sugeridas entre o planeamento motor e a IM (Craje et al., 2010; Mutsaerts et al., 2007; Wexler et al., 1998; Wolpert & Ghahramani, 2000; Wohlschager & Wohlschager, 2000) são abonatórias a uma afinidade entre os paradigmas. A previsão do TTC implica que durante o tempo de oclusão ocorra um planeamento do trajecto do alvo, com base em informações relativas às propriedades do alvo. Estes mecanismos de planeamento motor são, igualmente, determinados pelo repertório de acção dos participantes (König et al., 2013), incluindo aí os seus próprios limiares de antecipação e outras variáveis corporais, indo ao encontro da hipótese da “especificidade corporal” da IMot (Willems et al., 2009).

No âmbito da investigação dos correlatos neurológicos envolvidos em tarefas de

extrapolação do movimento, foi identificada, com recurso a fMRI, activação selectiva das áreas do córtex motor, especificamente, durante julgamentos de TTC, algumas das quais estão envolvidas na produção de respostas motoras (como atingir para agarrar – *reach to grasp*: Field & Wann, 2005), especificamente, o córtex visual primário, com particular incidência na área MT+ (considerada sensível ao movimento), bem como activação substancial na área occipitoparietal (via dorsal). Noutros estudos (Gerardin et al., 2000; Mehta & Newcombe, 1991), foi encontrada activação superior no córtex motor do hemisfério cerebral esquerdo (comparativamente ao direito), durante a execução de tarefas de rotação mental, o mesmo que encontramos envolvido em tarefas de IM.

3.3 EMBODIMENT: O CORPO QUE SOMOS

Estou condenado a existir para sempre além da minha essência, além das causas e motivos dos meus actos. Estou condenado a ser livre. Isso quer dizer que nenhum limite para a minha liberdade pode ser estabelecido excepto a própria liberdade, ou, se preferirem; que nós não somos livres para deixar de ser livres.

Sartre (1943)

A mind is so closely shaped by the body and destined to serve it that only one mind could possibly arise in it. No body, never mind.

Damásio (1995, p. 142)

“Que maldição, a mobilidade!”

Beckett (2002, p 17)

Desde os trabalhos pioneiros até às actuais teorias da cognição (e.g., Jeannerod, 2006; Shapiro, 2011) dados existentes, teóricos e empíricos, têm mostrado fortes divergências na consideração da dualidade corpo-mente. Se a experiência se constrói através do corpo e o desenvolvimento se processa do acto ao pensamento (Wallon, 1970) ou se assenta em patamares independentes da experiência corporal, constituiu, desde sempre, uma questão controversa. Estas inconsistências estendem-se também às relações entre as operações espaciais e a capacidade de representação do movimento. Algumas correntes

actuais (Amorim, 2010; Grosjean, Shiffar, & Knoblich, 2007; Jeannerod, 2006; Noë, 2004) vêm, no entanto, apontar para uma defesa cada vez mais suportada, da importância da acção na percepção. Este debate tem registado momentos de argumentação entre adeptos da filosofia ocidental tradicional e defensores de novas concepções das relações mente-corpo. Nos trabalhos de Johnson (1987), baseados essencialmente nos argumentos das ciências cognitivas e das neurociências, afirma-se que a razão se alicerça no corpo.

O nosso sistema de conceptualização assenta na utilização das experiências subjectivas enquanto organismos dotados de uma certa configuração biológica. O movimento corporal humano, a manipulação de objectos e as interacções perceptivas envolvem padrões recorrentes e repetitivos, sem os quais a nossa experiência seria desorganizada e incompreensível. Não se trata de imagens estáticas e fixas mas sim de padrões dinâmicos e modificáveis pela experiência (Johnson, 1987). Os esquemas constituídos por experiências sensoriais e motoras imprimem uma ordem discernível à nossa experiência motora. De facto, estes esquemas traduzem o conhecimento generalizado acerca das sequências de eventos, em estruturas contínuas de actividades organizadoras da nossa experiência, conferindo-lhe inteligibilidade. A interpretação do mundo é concretizada a partir das experiências sensoriomotoras, sendo construída pelas peculiaridades do corpo humano, pelos detalhes da estrutura neural, e pela especificidade corporal (Willems et al., 2009).

3.3.1 A EXPERIÊNCIA MOTORA: SUBSTRATO INSUBSTITUÍVEL?

É consensual, que a capacidade de planeamento e de acção assenta nas experiências sensoriomotoras de cada indivíduo, que são progressiva e posteriormente integradas em aprendizagens futuras. Na realidade, nem sempre resulta clara a importância do movimento, da exploração activa, e da promoção de experiências no desenvolvimento global dos seres humanos. O desenvolvimento psicomotor típico viabiliza, em consonância com as abordagens apresentadas, a internalização do movimento e a relação do corpo no espaço através da actividade motora. A aprendizagem humana surge e desenvolve-se, segundo esta perspectiva, como o resultado da experiência motora, posteriormente reforçada na organização cerebral através da experiência reflexiva

(Fonseca, 1999).

A motricidade é, nesta concepção, o alicerce da primeira estrutura de relação com o meio, com os objectos e com os outros. Neste sentido, o movimento torna-se também na primordial forma de expressão emocional e de comportamento, sendo através dele que as primeiras necessidades são manifestas. A importância da motricidade na formação da imagem mental é destacada por Piaget (1977) para quem a inteligência não é mais do que uma acção interiorizada e organizada. Nesta sequência, quererá isto dizer que a emergência da imagem mental é possível apenas quando ancorada na experiência e na acção?

Em termos neurofisiológicos, as representações corticais do cérebro têm provado ser altamente dinâmicas (Lledo et al., 2006) e sensíveis às interações com o meio ambiente, sabendo-se hoje que a morfologia cerebral é alterada pela experiência (Markham & Greenough, 2004). A contínua e constante remodelação das conexões neurais e dos mapas corticais em função da experiência (Johansson, 2000) não é novidade, tendo merecido referências em diversos trabalhos, nomeadamente com implicação na reabilitação de funções motoras após lesões cerebrais. Investigadores modernos têm encontrado evidências de que o cérebro é capaz de se reorganizar após sofrer uma lesão e que as áreas de representação cortical podem ser modificadas através do *input* sensorial, logo, da experiência e da aprendizagem (Allard, Clark, Jenkins, & Merzenich 1991; Brasil-Neto, Cohen, Pascual-Leone, Jabir, Wall, & Hallett, 1992; Classen, Liepert, Wise, Hallet & Cohen 1998; Greenough & Chang, 1989; Van Mier, Tempel, Perlmutter, Raichle, & Petersen, 1998; Wolpaw & Tennissen, 2001).

Num artigo que denominaram *experience matters* (ou seja, “a experiência conta”, numa tradução livre) Sommerville, Hildebrand e Crane (2008) investigaram, com bebés, o impacto da experiência activa quando comparada com a observação passiva. Tratava-se de estudar a compreensão, de bebés de dez meses, relativa à utilidade de um instrumento não familiar (uma bengala) usado com um objectivo familiar: o de recuperar um brinquedo fora do alcance. Compararam-se dois grupos de crianças: um era treinado activamente a alcançar brinquedos com o auxílio de uma bengala e o outro apenas visualizava a acção. A aprendizagem activa revelou facilitar a identificação do objectivo do recurso à bengala na realização da tarefa, revelando um impacto superior na compreensão das acções, relativamente à experiência observacional. Acrescentava-se que a experiência activa permite às crianças a construção de representações motoras relativas às acções e ao uso de objectos, com implicação posterior na percepção da acção.

Por exemplo, quando crianças de sete meses que gatinham são colocados num precipício visual (Gibson & Walk, 1960), muitas vezes recusam-se a atravessar e, quando são incentivadas a fazê-lo, os batimentos cardíacos aceleram. No entanto, os bebês da mesma idade, que ainda não gatinham, não mostram sinais de medo (Campos, Bertenthal, & Kermoian, 1992). A diferença crucial aparenta ser a experiência de locomoção desenvolvida. Crianças em fase anterior à da gatinhar que receberam experiência com locomoção auto-gerada (utilizando, por exemplo, um andarilho que empurravam com os pés) apresentaram maior aceleração e frequência cardíaca no precipício visual quando comparadas com crianças controlo que não receberam experiência comparável (Bertenthal, Campos, & Kermoian, 1994). O andarilho teria dado aos recém-nascidos uma nova oportunidade de acção e, por a terem desenvolvido, as crianças ganharam novas informações que motivaram a percepção do precipício de forma diferente e, portanto, como ameaçador. Hecht, Vogt e Prinz (2001) treinaram participantes para realizar, de forma cronometrada, movimentos do braço, sem *feedback visual*. Após o treino, os participantes mostravam-se mais eficazes nas tarefas de julgamento de temporização de um movimento observado visualmente do que participantes não treinados. Concluía-se, assim, que o conhecimento adquirido a partir da acção aperfeiçoaria os juízos perceptivos.

A concepção da extensão espacial dos sistemas cognitivos, abrangendo mais do que o cérebro e o corpo, não é nova. O conceito de ambiente enriquecido foi inicialmente descrito por Hebb (1949, citado por Van Praag & Cage, 2000) que revelou que ratos que se movem em ambientes complexos e estimulantes e que têm acesso a brinquedos e possibilidade de realizar exercícios desenvolvem mais ramificações dendríticas e mais sinapses do que os animais alojados em simples gaiola. Ou seja, o facto de os ratos estarem expostos ao que os investigadores chamavam de condição enriquecida, i.e., ambientes ricos e estimulantes, influenciava positivamente a morfologia e fisiologia cerebral. Além disso, estes ratos mostraram ter um desempenho significativamente melhor em vários testes que avaliaram funções corticais, entre as quais, a memória. A partir dos anos 60, foram encontradas mudanças bioquímicas e estruturais nos cérebros dos ratos expostos a ambientes enriquecidos, fornecendo evidências de que as mudanças na complexidade da interacção nesses ambientes podem ter um impacto directo sobre o sistema nervoso central (Krech, Rosenzweig, & Bennet, 1960).

Desde essa altura, vários trabalhos têm utilizado paradigmas de ambientes

enriquecidos para estudar os mecanismos de plasticidade dependente da experiência no sistema nervoso central de ratos e de outros animais (Nithianantharajah & Hannan, 2006). Tem sido revelada a plasticidade química e anatômica no córtex cerebral, mostrando que a experiência induz múltiplas formas de plasticidade cerebral (Markham & Greenough, 2004). Neste sentido, ambientes ricos produzem cérebros ricos, sendo a experiência motora um agente essencial neste processo.

A reorganização central tem lugar não só como resultado de privação, mas também como um resultado de um aumento do *input* sensorial (Classen et al., 1998; Van Mier et al., 1998). O exercício e a manipulação têm sido considerados uma forma de conhecimento e modulação cerebral, sendo conhecido que a prática de uma habilidade motora regular aumenta a representação cortical dos músculos envolvidos, induzindo plasticidade nas áreas cerebrais motoras, como o córtex motor e o cerebelo (Allard et al., 1991; Brasil-Neto et al., 1992; Merzenich et al., 1996). Evidências desta modificação na representação cortical sensoriomotora têm surgido, por exemplo de experiências com músicos (Gaser & Schlaug, 2003; Pantev et al., 2003) ou com leitores de braille (Pascual-Leone et al., 1995).

Mais do que uma realidade isotrópica, a percepção do espaço tem revelado ser moldada pelo corpo, pela relação do corpo com o meio e pelas potencialidades do corpo para a acção (Franklin & Tversky, 1990). A forte ligação entre a motricidade e os processos perceptivos, importante para a interacção física, é, igualmente, importante para a representação mental do mundo. Esta projecção do corpo na mente constitui um patamar nuclear do quadro da ciência cognitiva conhecida como *Embodiment* (cognição incorporada; Amorim et al., 2006; Gibbs, 2006; Johnson, 1987; Richardson & Flash, 2000; Shapiro, 2007; Wilson, 2002). Os seus defensores apadrinham o postulado de que a cognição *off-line*, ou seja, o conjunto de processos cognitivos que ocorrem na ausência de *input* ambiental relevante, reside em processos sensoriomotores activos. A integração de modelos internos e da informação sensorial pode ser realizada através de contingências sensoriomotoras, pela interacção dinâmica com os objectos (Zago, Bosco, Maffei, Iosa, Ivanenko, & Lacquaniti, 2004).

É inegável o poder do corpo, com as suas liberdades e limiares sensoriomotores, no processo de aprendizagem. A teoria do *Embodiment* constitui claramente a interiorização da experiência e sustenta, precisamente, que a natureza da mente humana é largamente determinada pelo corpo (Borghetti & Cimatti, 2010; Longo, Schüür, Kammers, Tsakiris, & Haggard, 2008) com aspectos relevantes que incluem o sistema motor (*embodiment*

motor) e a interacção do corpo com o meio (*embodiment* espacial). A perspectiva que defende que a cognição se enraíza profundamente no domínio das possibilidades, em função do corpo, no ambiente físico e a relação estabelecida entre a percepção e a acção (Alibali, 2004; Gallagher, 2005; Gibbs, 2006; Hostetter & Noë, 2004) constituiu uma mudança de paradigma na ciência cognitiva.

Clark (2011) desenvolveu a ideia de uma *extended mind* em contraste com o que ele denomina *brainbound idea of thinking*. A interacção corpo-cérebro-mundo está de tal forma integrada que qualquer distinção entre elas é artificial quando o assunto é a cognição. O corpo e o cérebro partilham processos cognitivos que nenhum, individualmente, poderia completar. De facto, o corpo é um constituinte genuíno e activo do processamento cognitivo mais do que um jogador apenas contribuinte para esse processo. De acordo com as teorias da cognição incorporada, os pensamentos e emoções compreendem simulações mentais de experiências corporais (Barsalou, 2010; Goldstone & Barsalou, 1998; Lakoff & Johnson, 1999; Noë, 2004; Prinz, 2002). Gendlin (1992), por exemplo, considera que o passado individual de cada indivíduo é a soma das suas experiências totais da vida gravadas e profundamente impressas no seu corpo, e devido ao corpo. Passado e futuro fundem-se num processo corporal em curso no presente, que é sempre uma entidade inacabada. Numa interacção contínua com o meio, o corpo vivido, constitui-se, desta forma, como informação ambiental. Os factores ambientais e subjectivos impõem o seu domínio e influência na medida em que determinam as opções disponíveis para um organismo particular, i.e., os recursos de que dispõe, mas também a razão pela qual um organismo pode escolher uma opção em detrimento de outra, no desempenho de uma actividade. As experiências vividas por uma pessoa com determinado objecto em contextos dependentes da actividade (*activity-dependent*) contribuem, de alguma forma, para a sua interpretação da actividade, de acordo com os recursos de que dispõe. Decorrente disto, a compreensão que um indivíduo faz dos acontecimentos pode relacionar-se directamente com o tipo de experiências sensoriomotoras que as suas formas de incorporação permitem. Os objectos são, assim, concebidos parcialmente integrando o modo como um organismo, com determinado perfil corporal, estabelece interacção com eles.

Assim, se um corpo determina o modo como se experiencia o mundo, diferentes corpos (ou diferentes organismos incorporados) deveriam experienciar o mundo também diferentemente. Ou seja, se o pensamento é, neste sentido, incorporado, então as pessoas com diferentes molduras corporais deveriam desenvolver formas diferentes de

pensamento. Se conceitos são constituídos, em parte, por meio da simulação das próprias percepções e acções, então, uma vez mais, as pessoas com características corporais diferentes, que interagem com os seus ambientes físicos de maneiras diferentes de forma sistemática, devem formar, correspondentemente, diferentes representações mentais.

A cognição motora engloba todos os processos envolvidos no planeamento, preparação e produção da acção bem como os processos envolvidos na antecipação, previsão e interpretação das acções dos outros. Sob este ponto de vista, um movimento é considerado um deslocamento voluntário de uma parte do corpo no espaço físico, ao passo que uma acção é uma série de movimentos que devem ser realizados, a fim de alcançar um objectivo (Smith & Kosslyn, 2014).

3.3.2 A OBSERVAÇÃO DA ACÇÃO: REPRESENTAÇÃO PARTILHADA

Nos seres humanos, um grande número de estudos neurofisiológicos demonstraram um mecanismo de ressonância motora que existe quando os indivíduos observam acções a ser executadas por outras pessoas (Baldissera, Cavallari, Craighero, & Fadiga, 2001; Buccino et al., 2004a; Fadiga et al., 1995; Grafton et al., 1996) ou mesmo apenas quando os seus efeitos são observáveis (Grèzes & Decety, 2001; Grèzes et al., 2003a). Foi encontrada marcada evidência de que as regiões corticais (incluindo o córtex pré-motor, o córtex parietal e o cerebelo), que se activam durante a realização de uma acção, encontram-se também implicadas durante a sua observação: a simples observação de movimentos da boca, mão ou pé, activam as mesmas regiões funcionalmente específicas do córtex pré-motor implicadas na realização desses movimentos (Rizzolatti et al., 1988).

A descoberta dos *mirror neurons* (Buccino et al., 2004b; Rizzolatti et al., 1988) no córtex pré-motor de alguns primatas (incluindo o ser humano) tem sido considerada como a evidência do código comum para a percepção e acção. Estudos electrofisiológicos (Rizzolatti et al., 1988) mostraram que na área F5 do córtex ventral pré-motor do macaco encontra-se uma representação motora das acções da boca e da mão.

Estes denominados *mirror neurons*¹⁵ (neurónios-espelho) da secção F5 da área 6, normalmente activos durante a execução de movimentos de preensão, revelaram também ser activados quando o animal observava outro macaco ou o experimentador (Di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, & Rizzolatti, 1992) a desenvolver acções como agarrar e manipular, dirigidas a alvos (Fadiga, Fogassi, Pavesi, & Rizzolatti, 1995; Rizzolatti et al., 1988). Esta evidência levou a crer que quando um macaco observa uma acção motora presente no seu repertório de movimentos, essa acção é simuladamente recuperada (Rizzolatti & Fadiga, 1998). De acordo com esta hipótese, a observação da acção activaria automaticamente no observador as mesmas estruturas neurais envolvidas na sua efectiva execução, indo ao encontro de evidências anteriores que revelavam que as imagens motoras suscitam actividade em áreas corticais normalmente envolvidas no planeamento dos movimentos reais (Jeannerod & Decety, 1995).

Este sistema de acoplamento observação-execução revela-se também presente nos seres humanos (Buccino et al., 2004b; Fadiga et al., 1995; Rizzolatti & Fadiga, 1998; Rubi & Decety, 2001) que revelam, por exemplo, padrões de contracção muscular, muito semelhantes durante a observação e execução de uma mesma acção, bem como recursos neurais comuns. Esta constatação é compatível com a ideia de que o mesmo código neural é usado na produção da acção, imaginação e percepção (Decety & Sommerville, 2003). A partilha da activação do padrão de resposta muscular no sujeito (observador) pela observação e acção, demonstrou, claramente, que a observação de uma acção suscita a excitabilidade das estruturas neurais envolvidas na sua execução, indicando que nos humanos poderá, igualmente, existir um sistema de acoplamento *neuronal matching system action/observation and execution* (Buccino et al., 2004b).

A revelação da existência dos neurónios-espelho generalizada aos humanos poderá sugerir a importância que o papel da observação de acções e a imitação possa desempenhar tanto no reconhecimento da acção como na aprendizagem motora (Jeannerod, 1994). Observar ou imaginar-se a si como a outros a executar uma determinada acção (e.g., escovar os dentes ou agrafar papéis: Ruby e Decety, 2001) para além de implicar áreas visuais, activam, igualmente os circuitos motores recrutados quando essa acção é desenvolvida (Gallese, Keysers, & Rizzolatti, 2004).

¹⁵ Assim denominados (*mirror neurons*) porque a acção observada parece ser reflectida, como um espelho (*mirror*) na representação motora da mesma acção (Buccino et al., 2004a). Enquanto os *mirror neurons* activam em situação de desempenho de acção e de observação de outro indivíduo a desempenhá-la, os *canonical neurons*, por oposição, activam quando se agarram e se observam os objectos (Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti 1996; Rizzolatti et al., 1988).

Num conjunto de estudos (Buccino et al., 2004b; Petit et al., 2003) que pretendiam avaliar se a observação de acções desempenhadas por animais activaria, nos humanos, as mesmas áreas recrutadas no momento da realização dessas acções, a observação do movimento biológico animal revelou já activar áreas cerebrais similares às que se encontram envolvidas na observação da acção humana (Petit et al., 2003). Em estudos de observação de acções desenvolvidas por um homem, um macaco e um cão, Buccino et al. (2004b) concluíram que as acções realizadas por outros (mesmo de outra espécie), e que a própria pessoa também possa realizar (como correr ou morder), implicam uma ressonância motora dos circuitos corticais envolvidos na execução real da acção observada, ou seja, o seu reconhecimento.

Concluía-se que quando as acções são comuns a animais e seres humanos existe uma clara partilha entre as áreas cerebrais activadas na observação e na realização da acção, apesar da disparidade nos aspectos visuais das cenas observadas, como a acção de morder, que, apesar das diferenças visuais entre os três modelos, implicou um padrão de activação semelhante. Ou seja, a observação do acto de morder realizada por um macaco, cão ou homem activa as mesmas áreas cerebrais. No entanto, em acções de comunicação oral esta ressonância não se revela (Buccino et al., 2004b). No primeiro caso, trata-se de acções passíveis de ser realizadas pelo sujeito e, por isso, integradas no seu repertório, existindo, por isso, o conhecimento pessoal, vívido da acção do observador. No segundo caso, não existe, por parte do homem, a experiência directa da acção (ladrar) por não pertencer ao domínio dos seus comportamentos na comunicação oral, não existindo, assim, um envolvimento pessoal por parte do sujeito que observa a acção.

Os resultados sugeriam que acções desempenhadas por seres de outras espécies podem ser reconhecidas de formas diferentes. Aquelas que pertencem ao repertório motor do observador são mapeadas no seu sistema motor, sendo, as que não pertencem, reconhecidas atendendo às suas propriedades visuais. As acções passíveis de ser executadas pelo observador activam os mesmos circuitos envolvidos na programação da acção, sendo compreendidas através do sistema de neurónios-espelho, sustentando a tese de Rizzolatti e Matelli (2003) segundo a qual a representação visual da acção observada evoca a sua representação.

Na ausência de um movimento ou mesmo da preparação voluntária de um movimento, a observação de uma acção pode automaticamente recrutar neurónios que se activariam na execução da mesma acção. O sistema motor, tanto no macaco como no homem, não se encontra envolvido apenas na produção dos movimentos

mas também no seu reconhecimento. Os dados convergem, igualmente na conclusão de que podemos reconhecer uma grande variedade de acções desempenhadas por outros indivíduos mesmo não pertencendo à mesma espécie, através da associação observada ao sistema motor.

Mais tarde (Buccino et al., 2004a) concluir-se-ia que o córtex pré-motor e o córtex parietal activam de uma forma somatotópica de acordo com a modalidade da acção observada à semelhança do que tem sido, consistentemente, demonstrado relativamente à activação das representações das áreas motoras específicas durante a IM envolvendo movimentos voluntários de partes do corpo.

Esta descoberta favorece a tese da comunidade dos processos envolvidos na IMot e IV, trazendo novos indicadores à discussão na defesa implícita de uma relação intrínseca entre a percepção e a acção.

As evidências desta activação durante a observação de uma acção, dos mesmos mecanismos que seriam impulsionados se a acção fosse realizada ou imaginada pelo observador, bem como os indicadores neurofisiológicos da partilha da mesma finalidade biológica entre percepção e acção, têm surgido com grande robustez. Apesar de instalados nas áreas motoras, os neurónios-espelho são imbuídos de propriedades visuais associando a execução de uma acção à sua percepção (Rizzolatti et al., 1996).

No conjunto, estes dados remetem para a teoria da aprendizagem social (*Social Cognitive Theory*: Bandura, 1989; Carroll & Bandura, 1982), e para as possibilidades da observação da acção como meio potencial de aquisição e treino de habilidades motoras, reerguendo o véu sobre as potencialidades da vicariância neste domínio de aprendizagem. Dentro da concepção da teoria da aprendizagem social é assumido que a aprendizagem de um dado comportamento não ocorre apenas com base nas experiências práticas ou na execução de respostas a ser aprendidas, mas surge também com uma base vicariante, através da observação das respostas de outros indivíduos, com imitação posterior (Meltzoff & Moore, 1999). A teoria propõe, basicamente, que uma representação cognitiva do comportamento observado, ou seja, de um modelo, fornece um quadro de referência tanto para a produção como para a avaliação de acções posteriores.

A compreensão da acção não depende, de acordo com a perspectiva trazida pela descoberta do sistema de neurónios-espelho, da activação de representações visuais (apesar de obviamente presente), mas da penetrabilidade da informação visual no conhecimento motor experiencial do observador (primeira pessoa). A percepção não será, nesta apologia, um processo categorial diferente da acção. Renasce a ênfase na

importância do corpo no espaço, sendo o modo como este interage com o mundo exterior determinante no tipo de resposta perante uma tarefa bem como no recrutamento dos sistemas neurais envolvidos, sendo muitos dos objectos com que interagimos diariamente “artefactos cognitivos” (Einfield, 2005; Roher, 2007). A compreensão das acções, com base nestes dados, assenta não numa descrição visual dos eventos observados mas na ressonância do sistema motor do observador, ou seja, a interpretação das acções dos outros baseia-se na leitura que temos do nosso próprio sistema motor.

Este mecanismo de ressonância motora também está envolvido na imitação da acção como reportado por diversos estudos de imagiologia funcional (Buccino et al., 2004b; Chaminade et al., 2002; Decety et al., 1997, 2002; Nishitani & Hari, 2000). De facto, a observação da acção é o primeiro passo para a imitação (Decety et al., 1997), que se revela importante na compreensão da comunicação interpessoal e um meio poderoso no estabelecimento das relações entre os indivíduos e na aquisição das novas aprendizagens que estas potenciam. Trata-se de uma faculdade particularmente desenvolvida nos humanos, ligada à linguagem e à cultura (Rizzolatti & Buccino, 2004), de um mecanismo natural que implica o acoplamento percepção-acção, envolvido na aquisição de novas capacidades motoras que se iniciam com os estádios mais precoces continuando ao longo da vida. A existência de um sistema-espelho de ressonância motora sugere a sua importância no processo de imitação da acção e na sua compreensão (Gallese & Goldmann, 1998). A imitação tendendo à acção suscitou várias investigações (Chaminade, Meltzoff, & Decety, 2005; Meltzoff, 1995; Meltzoff, & Decety, 2003). A codificação comum entre as acções desenvolvidas pelo próprio e por outra pessoa como comportamentos de ressonância ou representação partilhada, tem ganho forte evidência no domínio das neurociências. A imitação motora fornece um vínculo natural entre a observação e a realização da acção (Blakemore & Decety, 2001). Investigações no domínio da imitação neo-natal (Meltzoff, 1995; Meltzoff, & Decety, 2003) revelam que crianças em idades muito precoces do desenvolvimento conseguem imitar gestos faciais e que tendiam a imitar acções desempenhadas por humanos mas não aquelas que eram realizadas por equipamentos mecânicos. Esta evidência indicaria um sistema inato ou, pelo menos de desenvolvimento precoce, da associação da percepção à produção de acções humanas.

A importância da experiência motora para a previsão e antecipação é documentado por evidências que mostram que os observadores são mais precisos na previsão de acções que são capazes de realizar, isto é, que pertencem ao seu repertório motor.

Estudos comparativos, por exemplo, entre atletas profissionais e principiantes (Buccino et al., 2004a) ou dançarinos profissionais e amadores (Cross, Hamilton & Grafton, 2006; Calvo-Merino, Glaser, Grèzes, Passingham, & Haggard, 2005; Cross, Hamilton, & Grafton, 2006) mostraram uma maior activação motora durante a observação das acções que estão no repertório motor do observador. Sai reforçada a tese de que a antecipação depende do repertório sensoriomotor do observador, no qual suporta a simulação de acções observadas (Jeannerod, 2001; Grèzes & Decety, 2001).

O mecanismo de ressonância motora pode explicar a influência que a percepção exerce sobre a acção, uma vez que activa programas motores semelhantes ao padrão motor observado. O mecanismo de ressonância perceptiva, por outro lado, assemelha-se a um modelo que prevê consequências sensoriais associadas à acção observada.

Estudos de neuroimagem (Perani et al., 2001) demonstraram que a percepção de acções manuais relacionadas com objectos se encontra associada a activação parietal inferior (o que não acontece com as acções virtuais). Revelou-se também que apenas acções biomecanicamente possíveis activam o lobo parietal inferior esquerdo (Chaminade et al., 2005), componente essencial da rede neural envolvida na execução da acção. Tem sido, igualmente, demonstrada activação da rede fronto-parietal envolvida na execução, observação e imaginação da acção (Decety & Chaminade, 2004), convergindo os mais recentes trabalhos, no domínio da simulação mental da acção, numa interpretação segundo a qual existe uma certa equivalência funcional entre a realização de uma acção e a sua preparação, imaginação e observação (reconhecimento) com o objectivo de a reproduzir. Observar, neste caso, é antecipar um programa motor, isto é, a representação da sequência de movimentos necessários para os desempenhar. Os programas motores subjazem à cognição motora: podemos executar movimentos não apenas para os produzir mas também para raciocinar sobre as suas consequências.

Milner e Goodale (1998), como vimos, no contexto da teoria dos dois sistemas visuais (ou *how/what*), defenderam que observar, com intenção de futuramente desempenhar uma acção, e observá-la com o objectivo de a reconhecer implicam processos distintos. No sentido da exploração dos correlatos neurais da imitação no córtex humano tem-se concluído que a observação da acção com o objectivo de posteriormente a imitar e a observação não imitativa (Decety et al., 1997) recrutam redes neurais diferentes: as primeiras desencadeiam a activação de representações cerebrais envolvidas no planeamento e geração da acção, não havendo implicação dos processos motores na ausência dessa intencionalidade.

Os mesmos tipos de representações motoras são formadas quando observamos alguém a agir, e quando nós mesmos executamos a mesma acção. Permitem-nos aprender, observando as experiências dos outros, bem como interpretar o significado das acções alheias e responder apropriadamente, havendo registos do papel dos neurónios-espelho nos processos de empatia e no estudo de perturbações do espectro do autismo. O ciclo percepção-acção, neste contexto, pode considerar-se a transformação dos padrões percepcionados em padrões coordenados de movimentos (Smith & Kosslyn, 2014).

3.3.3 PERCEPÇÃO DE MOVIMENTOS BIOLÓGICOS COMPLEXOS

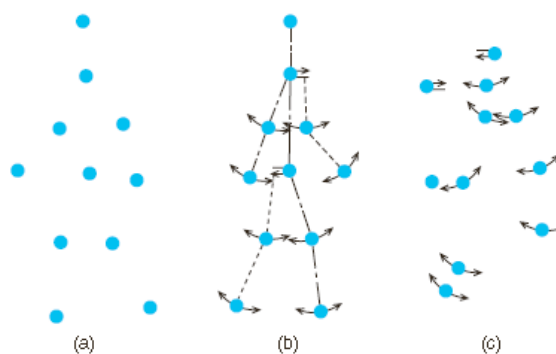
O papel dos neurónios espelho na imitação sugere que o que percebemos é influenciado pela forma como nos movimentamos. Os nossos sistemas de cognição motora podem ajudar a perceber padrões subtis de movimento, especificamente aqueles que assinalam a presença de outro organismo vivo que planeia e tenciona realizar acções específicas. A nossa anatomia coloca restrições (ou limitações) às acções que realizamos, as quais, por sua vez, condicionam o modo como podemos imaginar e perceber a acção. Este modo pelo qual imaginamos acções desempenha um papel crucial na nossa capacidade de planejar nossas próprias acções. A sobrevivência dos homens e a sua relação em sociedade dependem da capacidade de planeamento das próprias acções para a qual a imaginação, identificação, interpretação e previsão de movimentos biológicos, desempenha um papel adaptativo (Grèzes, Fonlupt, Bertenthal, Delon-Martin, Segebarth, & Decety, 2001). É no reconhecimento do movimento através da capacidade de o produzir e da associação com representações internas desse movimento que reside a relevância da introdução da percepção dos movimentos biológicos complexos, neste trabalho.

Muitos argumentos (Buccino et al., 2004b; Fadiga et al., 1995) têm sugerido que o reconhecimento de acções da mesma espécie é uma capacidade genuína altamente desenvolvida nos humanos (e primatas não humanos) e que os seres humanos são particularmente sensíveis aos movimentos biológicos da mesma espécie (Grèzes et al., 2001).

Em 1973, o Psicólogo sueco Johansson (citado por Petit et al., 2003) apresentou um método de representação do movimento humano através de informações visuais minimalistas. Os movimentos do corpo eram representados por um pequeno número de pontos luminosos indicando as principais articulações do corpo de uma pessoa a realizar uma acção¹⁶. As apresentações consistiam num conjunto de pontos sem sentido aparente (porque não se encontravam unidos por qualquer linha), não suscitando, na sua forma estática, qualquer reconhecimento nos observadores. No entanto, os observadores compreendiam a acção que os pontos representavam, quando animados (colocados em movimento). Apesar da ausência de outras pistas, como o contorno ou a textura, os participantes facilmente identificavam várias características do actor e da acção.

Vários outros grupos de pesquisa (Amorim & Wexler, 2001; Ildei, Orliaguet, Sokolov, & Pavlova, 2005; Cutting & Kozlowski, 1977; Puce & Perret, 2003; Servos, Osu, Santi, & Kawato, 2002; Vanrie, Dekeyser, & Verfaillie, 2004) recorrendo a esta técnica confirmaram que o padrão cinemático, ou seja, o padrão de movimento que emerge dos pontos de luz em movimento é suficiente para transmitir uma impressão vívida e convincente de movimentos humanos, embora a percepção possa ser a de um agrupamento de luzes sem sentido, quando o conjunto de pontos permanece estagnado (Figura 7).

Figura 7. Percepção de apresentações de pontos de luz. A: Exposição estática (raramente percebida como representação de uma forma humana); B: Apresentação de movimento coerente, facilmente visto como uma pessoa a caminhar. C: quando os pontos se movem de forma aleatória, são, muitas vezes percebidos, como um enxame (Smith & Kosslyn, 2014, p. 536).



¹⁶ Estas apresentações, indutoras de movimento biológico, eram criadas através de filmagens das pessoas no escuro com pequenos pontos luminosos nos seus principais pontos articulatorios no corpo e na cabeça. Usada, inicialmente por Johansson (1973, citado por Petit et al., 2003; Bertenthal, 2002), esta técnica foi posteriormente utilizada por vários autores (Amorim & Wexler 2001; Bertenthal, 1993; Servos et al., 2002). Um período de apresentação de apenas 200 ms (o correspondente a 5 *frames* de uma sequência de um filme) revelou-se suficiente para a percepção de formas humanas e identificação de diferentes acções (como saltar, dançar, andar). Um dado interessante foi trazido pelas descrições verbais dos sujeitos que reportavam a visualização de uma forma humana emergente (Bertenthal, 1993), em lugar de aspectos individuais ou das relações locais que se encontram na base da construção da forma.

Os participantes revelaram não só capacidade de, entre conjuntos de pontos em movimento, identificar aqueles que representavam a locomoção humana, como de detectar o género da pessoa (Cutting & Kozlowski, 1977), reconhecer emoções e de identificar acções complexas como dançar. Os participantes têm também revelado reconhecer acções locomotoras (caminhar, subir escadas) com maior precisão e mais rapidamente do que acções sociais (como cumprimentar) ou instrumentais (como martelar) (Dittrich, 1993). Estes resultados revelam-se interessantes na medida em que as apresentações se encontravam desprovidas de informações de qualidade ou características como vestuário, tipo de pele ou cabelo. Apenas o movimento era representado. Esse reconhecimento revelava depender, exclusivamente, da extracção de uma única estrutura informativa trazida pelo movimento (Booth, Pinto, & Bertenthal, 2002), demonstrando que a cinemática do movimento biológico especifica a sua dinâmica (Amorim & Wexler, 2001).

Os indivíduos revelaram também capacidade de percepção do movimento quando a figura representada era constituída por pontos luminosos adicionais (isto é, noutros locais no corpo que não apenas nas articulações principais). No entanto, revelaram-se incapazes de detectar uma figura representando uma pessoa de cabeça para baixo (Bertenthal & Pinto, 1994), o que sugeria que a percepção de formas humanas é dependente da orientação. A perspectiva ecológica da pessoa a desempenhar a acção só surgia na situação em que os pontos representavam uma posição favorável à lei da gravidade.

Bonnet e Paulos (2004) propuseram-se investigar, com imagens representando posições estáticas, se as pessoas fazem uso do seu conhecimento dos constrangimentos biomecânicos no julgamento de diferentes posições corporais. Pretendiam estudar se o reconhecimento de um processo de queda depende do conhecimento implícito dos constrangimentos biomecânicos, no caso de figuras representativas do corpo humano, nomeadamente os conhecimentos relativos à gravidade. Partia-se do pressuposto biológico de que o corpo humano consegue manter o equilíbrio ao longo de maiores graus de amplitude, quando em inclinação para a frente do que para trás, (partindo-se do princípio que os adultos possuem este conhecimento implícito). Os participantes tinham que decidir se determinadas imagens (um corpo humano, um manequim de madeira e um esqueleto) se encontravam numa posição de equilíbrio ou na eminência de queda. Os participantes determinaram correctamente o ponto de desequilíbrio subjectivo relativo às imagens estáticas de corpos humanos. As estimativas

revelaram-se também muito semelhantes para cada uma das figuras (corpo humano, manequim de madeira e esqueleto), tendo merecido a interpretação que as últimas seriam consideradas atendendo às suas características antropomórficas, activando, por esta razão, representações biomecânicas similares às de um corpo humano, tendo em conta não apenas o equilíbrio físico, mas os constrangimentos biológicos da postura humana. Mesmo numa situação estática, as figuras activaram representações do corpo humano incluindo os seus constrangimentos biomecânicos como acontece nas situações dinâmicas.

O sistema visual humano evoluiu filogeneticamente de forma a discriminar movimentos biológicos específicos (Bertenthal, Proffitt, & Cutting, 1984). A percepção e produção de movimentos partilham constrangimentos de um processamento exacto acerca da relação entre os segmentos dos movimentos dos membros. A percepção que temos do movimento humano nos outros é mediada por um conhecimento inconsciente, tácito, que temos do funcionamento do nosso próprio corpo. Este conhecimento desempenha um papel fundamental na orientação das nossas simulações mentais. Muitos destes resultados são consistentes com algumas concepções relativas à observação e compreensão da acção. A capacidade perceptiva recorre a sistemas de controlo motor, sendo o reconhecimento do movimento biológico realizado também através da nossa própria capacidade de o produzir (Richardson & Flash, 2000). Ou seja, a compreensão das acções dos outros baseia-se na experiência que temos com o nosso próprio sistema motor e da nossa capacidade de planear e realizar essas próprias acções (Shiffar & Pinto, 2002; Viviani, 2002).

Experiências que induzem percepção de movimentos biologicamente impossíveis, indicavam que a percepção do movimento aparente opera de forma diferente para figuras humanas e objectos. Uma demonstração convincente do envolvimento do conhecimento tácito motor na detecção de movimentos biológicos é fornecida por estudos que fazem uso do fenómeno do movimento aparente, a ilusão criada quando os estímulos visuais em locais próximos aparecem em rápida sucessão. Num conjunto de estudos, Shiffar e Freyd (1990) mostraram aos participantes uma série de fotografias de um corpo humano em diferentes posturas alternadas. Na primeira série, as posturas eram apresentadas de modo que as transições directas entre quaisquer duas fotografias sequenciais correspondiam a movimentos possíveis. As transições directas entre fotografias na outra sequência violavam a lei física de que um objecto sólido não pode passar através de outro objecto sólido e, portanto, constituíam movimentos

impossíveis. Quando os participantes viram as duas séries, a percepção do movimento aparente entre duas fotos sequenciais mudou com o intervalo de tempo entre a apresentação de uma foto e a apresentação do seguinte (Figura 8). Nos intervalos inter-estímulos (ISI) mais curtos, os participantes relataram ter visto a trajectória mais pequena (directa), mas impossível, enquanto com ISI superiores, visualizaram o caminho de movimento consistente com os movimentos humanos. Trajectórias de acções biológicas eram mais propensas a ser visualizadas em ISI que correspondem ao tempo em que as acções poderiam ser executadas. Em contraste, quando eram mostradas fotografias de objectos inanimados, os participantes percebiam, consistentemente, o trajecto mais curto de movimento aparente, independentemente do ISI (Shiffrar & Pinto, 2002). Investigações de neuroimagem confirmam que as diferenças entre a percepção de objectos em movimento e movimentos humanos devem-se ao facto de existir envolvimento directo de áreas motoras nos movimentos humanos, mas não nos de objectos. Uma característica importante dos estudos clássicos, no domínio do movimento aparente, deriva do facto de a identidade do objecto não influenciar o movimento percebido porque o movimento dos objectos é percebido sempre pela via mais curta ou directa (Shepard, 1984), tanto em situações de rotação mental como de movimento aparente.

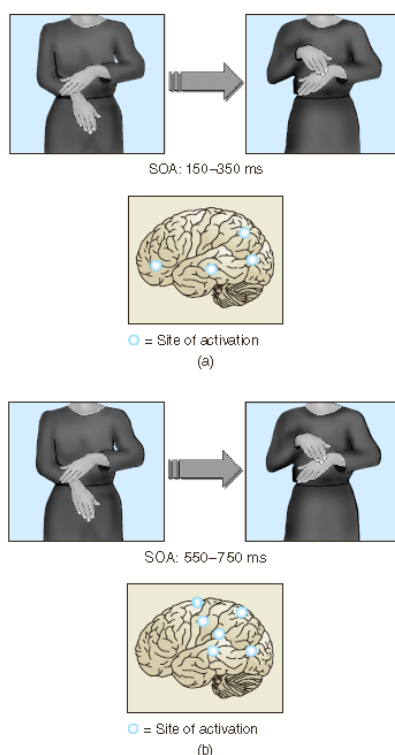


Figura 8. Imagem ilustrativa do fenómeno do movimento aparente (Shiffrar & Pinto, 2002; Smth & Freyd, 2014, p. 541). A: Um percurso-directo, embora fisicamente impossível, é percebido quando o intervalo entre as apresentações de estímulos é curto. A activação é detectada no lobo frontal, no giro temporal médio, e lobo parietal posterior. (B) em ISI mais longos, um caminho indirecto (e possível) é percebido como aquele que corresponde a movimento humano. Ocorre activação no córtex motor, sulco temporal superior, e córtex parietal inferior

Stevens et al. (2000) apresentaram a participantes de uma experiência, que ia na mesma linha dos estudos de Shiffrar e Freyd (1990), duas condições de movimento aparente: na primeira condição, era mostrada uma fotografia representando uma pessoa com uma mão atrás da perna e outra com a mesma mão à frente da perna. Na segunda condição, era apresentada uma imagem com um círculo atrás e outra com o círculo à frente de um rectângulo. As duas situações (à frente e atrás) variavam apenas nos ISI, o tempo que decorre entre o desaparecimento de uma imagem no ecrã e o aparecimento da seguinte (com 350 milissegundos e 100 milissegundos). Após a observação das apresentações, os participantes tinham que indicar, entre as duas opções, aquela que caracterizava a via do movimento que tinha sido percebida: atravessamento – a via mais directa, ou contorno – a via indirecta. Na primeira condição (movimento

humano), as vias de movimento, indirectas mas biologicamente possíveis (o braço em volta da perna até atingir a posição final), foram percebidas quando as imagens humanas eram apresentadas com intervalos de tempo superiores. As vias directas, biologicamente impossíveis (o braço a atravessar a perna) eram percebidas quando os mesmos estímulos eram apresentados com intervalos de tempo inferiores. Na apresentação de objectos inanimados, os sujeitos relatavam consistentemente perceber a via mais directa do movimento independentemente do ISI.

Os autores adiantavam que o facto de as acções humanas possíveis (indirectas) não serem visualmente percebidas com intervalos curtos se deveria ao facto de o córtex motor precisar de mais tempo para activação e interpretação¹⁷. A percepção visual de movimentos humanos aparentes revelou activar, selectivamente, regiões motoras e sensoriais do cérebro humano, apenas nos casos de acções humanamente (biomecanicamente) possíveis (Stevens et al., 2000). O registo de actividade cortical revelou não ter existido qualquer activação do córtex motor primário na percepção de movimentos biologicamente impossíveis (apesar de se tratar do mesmo estímulo em ambas as condições).

A ausência de activação significativa no córtex motor e lobo parietal durante a percepção visual de movimentos anatomicamente impossíveis sugere que estas regiões são selectivamente activadas para processar acções compatíveis com as capacidades do observador. Trata-se de regiões intimamente ligadas ao processamento da acção humana, relação que mereceu a justificação (Stevens et al., 2000) da sua activação quando os movimentos são biologicamente possíveis. A impossibilidade de completar uma acção é determinada em função da experiência motora do observador. Os movimentos humanos revelam ser percebidos não pela via mais directa mas por aquela que é biologicamente possível. Uma vez mais, surgem indicadores da influência determinante que as possibilidades biomecânicas exercem na percepção.

¹⁷ Com ISI inferiores a 50 ms os sujeitos reportavam ter percebido a via mais curta, ainda que biologicamente impossível. A apresentação de uma fotografia com a mão posicionada atrás da cabeça seguida, de outra com a mão à frente da cabeça, com intervalo inferior a 50ms, levava os sujeitos a perceberem o movimento mais directo ainda que anatomicamente impossível. Com intervalos de apresentação superiores, eram percebidas duas imagens : uma com a mão atrás e outra à frente da cabeça. Quando o ISI era superior a 300 ms os sujeitos relatavam ter percebido o movimento do braço à volta da cabeça para acabar na foto final. Esta mudança perceptiva (entre a percepção de vias de acções possíveis e impossíveis) desafia a perspectiva tradicional do movimento aparente, mostrando que o intervalo de diferença entre as imagens que pretendem a indução do movimento afecta a percepção da via.

A activação do córtex motor e parietal durante a condição de maior ISI (e percepção de movimento biologicamente possível) sugere que a percepção do movimento humano aparente, da mesma forma que a IMot, é processada de forma análoga à da acção real, com a partilha de vias de movimento e codificação neural.

Faz, desta forma, sentido a hipótese da partilha de mecanismos entre a execução motora e a percepção dos movimentos biológicos. Há evidências (já expostas) da partilha de substratos neurais comuns entre a execução motora e a IM. Estudos de PET (Grèzes et al., 1998) revelaram, igualmente, que a observação de acções, com intenção imitativa, também activaria as mesmas áreas cerebrais implicadas na realização da acção. Mesmo na observação do mesmo estímulo, as áreas de activação diferem, dependendo da estratégia do sujeito: simplesmente percepcionando o estímulo ou sabendo que lhes será solicitada, posteriormente, a imitação da acção. A via dorsal e o córtex pré-motor seriam, nesta situação, mais fortemente activados. A ausência de activação das áreas motoras, durante a percepção de movimentos biológicos, no estudo de Servos et al. (2002), poderá dever-se precisamente ao facto de não se ter sido solicitado aos sujeitos o posterior desempenho destes movimentos.

Como já vimos no Capítulo 1, resultados obtidos com o paradigma da rotação mental que envolve julgamentos esquerda-direita de segmentos corporais, têm revelado que a rotação mental implícita de partes do corpo reflecte as propriedades biomecânicas do desempenho motor correspondente (Parsons, 1994). Da mesma forma que a rotação mental de formas e objectos sugeria a preservação das propriedades análogas ao contexto físico, a rotação mental de segmentos corporais sugere o seguimento dos constrangimentos biomecânicos dos movimentos corporais, manifestando-se na preferência pelas vias biomecânicas mais plausíveis em detrimento das mais curtas, mas anatomicamente impossíveis ou de difícil execução.

As concepções que sustentam que os nossos próprios programas motores podem ser também usados para antecipar as acções dos outros ficaram demonstradas por um estudo de neuroimagem no qual se apresentava aos participantes um ponto preto num ecrã, movendo-se como se alguém estivesse a escrever à mão ou, alternativamente, como se alguém estivesse a apontar, quer para um alvo de grandes ou de pequenas dimensões (Chaminade & Decety, 2001). Em ambas as condições, a percepção da primeira parte do movimento do ponto influenciou a expectativa dos participantes, do momento seguinte. Por exemplo, a visualização do movimento do ponto sugerindo a escrita, produziu activação em áreas corticais utilizadas para a produção da escrita.

Da mesma forma, estudos têm mostrado que as pessoas podem antecipar visualmente a consequência ou resultados das acções. Por exemplo, os movimentos dos olhos que as pessoas realizam ao observar outros indivíduos a executar uma tarefa, revelaram ser semelhantes aos que são realizados quando os participantes realmente executam a tarefa (Flanagan & Johansson, 2003).

Percepção e acção, como anteriormente debatido, encontram-se intrinsecamente ligadas, cada uma influenciando e determinando a outra num sistema amplo de coordenação, de tal forma que nenhum evento dinâmico pode ser pensado como sendo puramente perceptivo ou puramente motor. As acções não são reflexos desencadeados por um estímulo externo, mas constituem a manifestação visível de uma série de processos mentais (Smith & Kosslyn, 2014). Uma acção equivale, assim, a um planeamento no sentido de um objectivo específico. Este ciclo constante de a percepção determinar acção e a acção influenciar a percepção permite a interacção adaptativa com o mundo.

CONTRIBUTOS
EMPÍRICOS

4. Introdução

4.1 PONTO DE PARTIDA E OBJECTIVOS

O ponto de partida para o conjunto de estudos apresentados em seguida encontra-se num trabalho prévio que comparou o desempenho de pessoas com PC e amostras Controlo de pessoas TD em tarefas de rotação mental de Letras e de Mãos (Martins, 2006; Martins et al., 2005). Os resultados desse trabalho apontaram para as seguintes conclusões: (1) Contrariamente a alguns estudos posteriores conduzidos, especificamente, em pessoas com hemiplegias (Steenbergen et. al., 2007), mas de acordo com vários outros, anteriores (Johnson, Sprehn, & Saikin, 2002), a IMot, enquanto avaliada pela rotação mental de mãos, encontra-se intacta nas pessoas com PC, mantendo-se semelhante, qualitativamente, à evidenciada pelos participantes Controlo no que se refere à representação dos constrangimentos biomecânicos do movimento das mãos; (2) Uma lentificação geral da imaginaria, tanto visual (admitindo a hipótese comum de que a rotação mental de letras envolve primordialmente a IV) como motora, no grupo PC, traduziu-se em diferenças quantitativas marcadas da velocidade de transformação mental entre as amostras de pessoas com PC e Controlo; (3) Consequência deste último resultado, e ainda do registo de correlações positivas significativas, nos participantes PC, entre a velocidade de transformação na rotação de letras (objecto externo) e na rotação de mãos (partes do corpo), a investigação realizada mostrou-se favorável à tese de uma comunalidade de origem da IM e da IV (Wexler et al., 1998; Wohlschlager & Wohlschlager, 1998).

Do ponto de vista das implicações práticas, a indicação de uma capacidade de IMot preservada em participantes com PC, combinada com a evidência disponível quanto à sua potencial utilidade na reabilitação da função motora em situações de pós-AVC (Malouin & Richards, 2013; Sharma et al., 2006; Steenbergen et al., 2009), na redução do risco de queda em idosos (Gabbard & Fox, 2013) ou, em geral, na aquisição de competências motoras e no desempenho motor (Feltz & Landers, 1983; Guillot & Collet, 2008, Schuester et al., 2011) sugere a possibilidade da utilização clínica da IMot na (re)habilitação da função motora em populações com PC. A lentificação geral da imaginaria suscita, por outro lado, a questão do seu potencial impacto em variáveis de natureza perceptiva ou representacional envolvendo, em maior ou menor grau, o contributo da imaginaria – um aspecto central para a própria definição da PC, susceptível de alargar a ênfase praticamente exclusiva nas perturbações da motricidade a perturbações associadas nos domínios da percepção e da representação (Bax et al., 2005; Rosenbaum et al., 2007).

Um primeiro objectivo da série de estudos seguintes é o de replicar os resultados encontrados naquele trabalho inicial, tendo em conta, em particular, o desacordo assinalado com investigações recentes que apontam para uma incapacidade ou diminuição no uso da IM por parte de indivíduos com PC (Craje et al., 2010; Mutsaerts, Steenbergen, & Bekkering, 2007; Steenbergen et al., 2007), a escassez de estudos comprovando uma lentificação da rotação mental de objectos na PC (Courbois, Coello, & Bouchart, 2004) e a ausência de consenso sobre a natureza das relações entre IV e IMot (Sirigu & Duhamel, 2001; Stevens, 2005). O capítulo seguinte retoma, neste sentido, a investigação comparativa da rotação mental de mãos e letras em participantes com PC e participantes Controlo, acrescentando à investigação inicial uma análise do desempenho de subgrupos PC definidos tanto pelo tipo clínico como pela gravidade do compromisso da função motora, e medidas adicionais da clareza e intensidade da IM.

Um segundo objectivo geral é o de, partindo da verificação de uma lentificação da imaginaria entre os participantes com PC como resultado das limitações da motricidade, estender esta investigação comparativa a variáveis e tarefas de natureza mais marcadamente perceptiva e tidas como mais próximas das condições quotidianas da interacção efectiva com os objectos. Em função das relações sugeridas desde o início, na literatura, com a IM, a escolha recaiu sobre os fenómenos do MomRep e TTC. Tanto o MomRep como a “extrapolação do movimento” têm sido interpretados como detendo um papel na compensação do “atraso neural” da percepção (Nijhawan, 2008)

e, por conseguinte, envolvendo directamente a articulação da percepção com a acção (Ehrenstein, 2003; Hubbard, 2006; Marinovic et al., 2012).

O MomRep (Freyd, 1983; Freyd & Finke, 1984) constitui, porventura, o melhor exemplo do que Freyd (1987) designou como “representação dinâmica”, equacionando desde o início uma afinidade possível com formas de imaginaria como a rotação mental (Freyd & Johnson, 1987; Kelly & Freyd, 1987). A relação do MomRep com a rotação mental foi empiricamente suportada em estudos comportamentais (Munger, Solberg, Horrocks, & Preston, 1999) e imagiológicos (Amorim, Lang, Lindinger, Mayer, Deecke, & Berthoz, 2000), existindo, além disso, registo de correlações significativas entre medidas de MomRep e da vivacidade da IV (Senior, Barnes, & David, 2001). Mediado pelo impacto das limitações motoras na IM, um impacto dos constrangimentos motores associados à PC no MomRep poderia, assim, admitir-se, contribuindo para uma caracterização mais alargada dos défices comparativos dos participantes com PC. Inversamente, a verificação de uma modulação do MomRep por esses constrangimentos contribuiria, certamente, para o esclarecimento dos mecanismos, ainda sob debate, subjacentes ao MomRep, questionando por exemplo as leituras exclusivamente perceptivas ou perceptivo-cognitivas desse erro de localização (Jordan et al, 2002; Jordan & Knoblich, 2004; Jordan & Hunsinger, 2008). O Estudo 2 desta contribuição empírica ocupa-se neste sentido da comparação entre participantes PC e Controlo em tarefas de MomRep, contrastando adicionalmente dois tipos de respostas solicitadas aos participantes: localização motora (envolvendo o planeamento e execução de uma acção de localização) e julgamentos perceptivos sobre o local de desaparecimento do alvo (escolha entre localizações alternativas).

O tempo-até-ao-contacto corresponde à estimação pelos observadores do intervalo temporal necessário para que um alvo em movimento, entretanto desaparecido (ou ocultado) atinja um determinado local. Este paradigma conheceu, desde o início, explicações assentes na invocação de uma modalidade de imaginaria à qual caberia prolongar a trajectória do alvo, entretanto desaparecido, com base numa representação das propriedades do seu movimento (Battaglini, Campan &, Casco, 2013; DeLucia & Liddell, 1998; de’Sperati & Deubel, 2006; Gilden & Hurst, 1995; Jonikaitis et al, 2009; Rosenbaum, 1975). Não sendo exclusiva, esta interpretação mantém-se ainda como um dos principais modelos explicativos do TTC, conhecido como “extrapolação cognitiva do movimento” (DeLucia & Liddell, 1998). Tal como no caso do MomRep, poderia assim esperar-se que, através da mediação do seu impacto na imaginaria, as limitações

motoras modulem o TTC, conduzindo a desempenhos distintos dos participantes com PC e Controlo. Também, como no caso do MomRep, a verificação (ou não) desse resultado, não deixaria, por sua vez, de libertar implicações para o debate em torno dos mecanismos subjacentes ao TTC. O Estudo 3 da contribuição empírica compara, justamente, participantes com PC e Controlo numa tarefa de TTC, com o local de chegada assinalado por um obstáculo, variando adicionalmente a natureza deste obstáculo entre uma condição “corporal” (silhueta humana) e não-corporal (rectângulo).

Um terceiro objectivo geral, transversal a todos os estudos apresentados, é o de extrair, em cada caso, indicações úteis para o estabelecimento de práticas de (re)habilitação de pessoas com PC. Para além de um melhor esclarecimento da integralidade da IM nos participantes PC, enquanto instrumento potencial de (re)habilitação da função motora, a caracterização diferencial dos mecanismos de planeamento e controlo implicados em tarefas como o MomRep e o TTC, mobilizando tanto factores espaciais (mais pronunciadamente no MomRep) como temporais (mais pronunciadamente no TTC), constitui potencialmente uma fonte de sugestões de (re)habilitação sensorio-motora, pelo menos para alguns dos subgrupos clínicos ou níveis de compromisso funcional definidos no âmbito da PC.

Tem-se proposto que as representações mentais da acção são desenvolvidas e actualizadas em função da experiência motora (Choudhury et al., 2007; Miall & Wolpert, 1996; Wolpert et al., 1995). Não encontramos, nos dados do domínio da história da cognição incorporada, estudos que comparem indivíduos com diferentes experiências subjectivas, diferentes incorporações ou diferentes *inputs*, quando os invariantes são de ordem motora, i.e., quando as diferenças nos constrangimentos subjectivos alargam o seu espectro a um universo de possibilidades que os diferenciam na abordagem da realidade.

A comparação entre grupos clínicos (especialmente amostras retiradas de populações motoramente comprometidas) com pares TD, revela-se de interesse na medida em que este estudo pode responder à expectativa de avaliar se habilidades motoras menos desenvolvidas resultam na redução da capacidade de actualizar com precisão representações internas do movimento ou, dito de forma complementar, se a exposição a experiências motoras de espectro mais alargado implica representações internas de movimento mais precisas.

4.2 MÉTODO – SECÇÃO GERAL

Apesar de cada uma das tarefas experimentais, que servem de base aos capítulos seguintes (rotações mentais, momento representacional e tempo-até-ao contacto), apresentar especificidades que requerem adaptações particulares do desenho experimental e da construção dos estímulos, há vários aspectos de método que são comuns, constituindo, essa exposição, o objecto desta secção inicial. Estes aspectos dizem respeito às amostras de participantes e sua caracterização, à estratégia de contrabalanceamento das tarefas realizadas pelos mesmos sujeitos, aos procedimentos gerais e às medidas adicionais utilizadas, designadamente instrumentos de classificação da severidade do compromisso funcional nos participantes com PC, medidas de dexteridade motora, questionários de imaginaria e medidas de inteligência geral.

Participantes

No total estiveram envolvidos nas experiências 70 participantes com PC e 71 participantes Controlo, divididos em dois grupos, doravante designados como Grupo A e Grupo B, distinguindo-se no essencial pelo tipo de tarefas experimentais que realizaram (ver abaixo). A amostragem foi, em todos os casos, de conveniência.

Os critérios adoptados para a inclusão na amostra de pessoas com PC foram os seguintes: (1) Apresentar limitações congénitas da actividade dos membros superiores associadas a um diagnóstico clínico de PC; (2) Não apresentar registo de dificuldade intelectual e desenvolvimental - DID (*American Association on Intellectual and Developmental Disabilities*, 2007; *American Psychiatric Association*, 2013; Schalock et al., 2007¹⁸); (3) Não apresentar registo de lesões neurológicas ao nível do córtex parietal, dada a associação do córtex parietal a tarefas de Rotação Mental e de MomRep (Guillot, Di Rienzo, & Collet, 2014); (4) Não apresentar um quadro de atetose (o qual, dada a flutuação de tónus e as dificuldades de controlo motor associadas, inviabilizaria a realização das tarefas); (5) Ser capaz de um uso funcional dos botões do rato (ou *trackball*) para as suas respostas; (6) Não apresentar registo de perturbação epiléptica; (7) Não ter recebido administração de toxina botulínica nos últimos seis meses;

¹⁸ DID é a terminologia proposta, em 2007, pela AAIDD, para a anteriormente denominada deficiência intelectual (ou mental). Caracteriza-se por significativas limitações do funcionamento intelectual e do comportamento adaptativo expressos em três domínios fundamentais: conceptual, social e prático - habilidades adaptativas (AAIDD, 2007).

(8) Obter uma pontuação superior a 90% num teste de discriminação direita-esquerda adaptado de Piaget-Head (P-H) (Galifret-Granjon, 1958; Zazzo, 1981). Com exceção do quadro de atetose e da incapacidade funcional de utilização dos dispositivos de resposta, nenhum outro constrangimento da função motora foi utilizado como critério de exclusão. A amostra reflectiu assim, como seria esperado, a diversidade de limitações motoras associadas a diferentes quadros de PC (ver abaixo classificações por tipo clínico), tendo como denominador comum a existência de um quadro clínico de PC comprovado.

Com base em indicações da literatura que apontam os sete anos como a idade a partir da qual se documenta a capacidade para o desempenho de tarefas de rotação mental (Williams, Thomas, Maruff, & Wilson, 2008; Rigal, 1994) e para a mobilização de processos de IM (Lust et al., 2006; Molina, Tijus, & Jouen, 2008), apenas participantes com idades superiores foram admitidos na amostra. Adicionalmente, todos os participantes possuíam visão normal ou corrigida para o normal. A amostra de participantes Controlo foi constituída por indivíduos sem qualquer alteração psicomotora e registo de lesão cerebral, ingénuos quanto aos propósitos da experiência, com visão normal ou corrigida para o normal e apresentando uma composição tão aproximada quanto possível à da amostra PC quanto às variáveis género e, sobretudo, quanto à idade, dado o largo espectro da nossa amostra e as diferenças de idade encontradas na literatura (Dollinger, 1995; Herman & Bruce, 1983).

Grupos Amostrais

As amostras PC e Controlo encontravam-se divididas em dois grupos que realizaram conjuntos de tarefas distintos (ver Figura 9).

Grupo A – Composto por 48 participantes com PC (24 M, 24 F) com idades compreendidas entre os 8 e os 56 anos ($M=27.75$; $DP=13.57$), recrutados em várias instituições portuguesas de apoio a pessoas com PC. Todos beneficiavam de apoio terapêutico em regime de ambulatório e frequentavam estruturas de ensino regular, cursos de Formação Profissional, ou encontravam-se integrados no mercado de trabalho. O grupo de controlo correspondente incluiu 49 indivíduos (34 M, 15 F) com idades compreendidas entre os 9 e os 55 anos ($M=26.86$; $DP=12.56$) angariados nas localidades de recrutamento da população com PC. Todos os participantes

deste grupo realizaram tarefas de rotação mental (de letras e mãos) (RotM_L, RotM_M), a tarefa de MomRep com localização motora (MomRep_M) e tarefas de estimação de TTC.

Um subgrupo no interior do grupo A (*Grupo A_Atraso*), constituído por 22 indivíduos com PC, recrutados entre os 48 iniciais, e 22 participantes Controlo, seleccionados entre os 49 iniciais, de modo a preservar, tanto quanto possível, a correspondência entre a composição em género e idade dos dois subgrupos, realizou adicionalmente (i.e., para além das tarefas anteriores) uma tarefa de momento representacional com atraso variável imposto entre o momento da desapareção do alvo e a resposta de localização (MomRep_MAttr). A idade dos participantes com PC no *Grupo A_Atraso* (13 M, 7 F) variou entre os 11 e os 43 anos ($M=24$; $DP=10$). O subgrupo dos participantes Controlo (12 M, 10 F), por sua vez, apresentou idades compreendidas entre os 11 e os 46 anos ($M=28,27$; $DP=10$).

Grupo B – Composto por um novo conjunto de 22 participantes com PC (10 M, 12 F) com idades compreendidas entre os 10 e os 56 anos ($M=30,9$; $DP=14$), igualmente clientes de instituições portuguesas de apoio a pessoas com PC, e um conjunto de 22 participantes Controlo (7 M, 14 F) com idades compreendidas entre os 8 e os 56 anos ($M=29,7$; $DP=14$). Os participantes deste grupo realizaram a tarefa de rotação mental de letras (RotM_L) e as tarefas de MomRep com sonda mnésica, com e sem atraso imposto entre o desaparecimento do alvo e a resposta (MomRep_S, MomRep_SAttr).

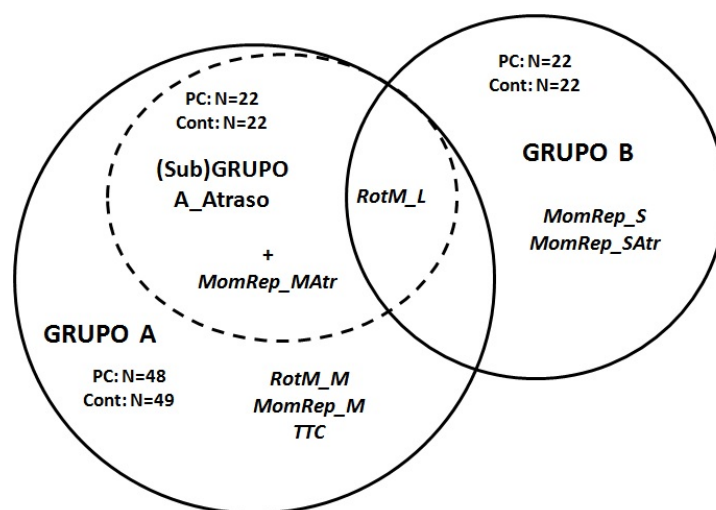


Figura 9. Esquema da correspondência entre os conjuntos de tarefas e os grupos amostrais.

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS AMOSTRAIS QUANTO À TIPOLOGIA CLÍNICA DOS PARTICIPANTES COM PC

A classificação clínica adoptada para os participantes com PC combinou uma distinção relativa à *tonicidade muscular* entre participantes com espasticidade e ataxia, por um lado, com uma classificação quanto ao *número e localização das áreas do corpo afectadas*, ou seja a classificação anatómica ou topográfica: PC unilateral (hemiplegia) e PC bilateral (quadriplegia e diplegia).

A classificação da PC em função das perturbações da tonicidade distingue quatro tipos principais: espasticidade, disquinésia (frequentemente referida apenas como atetose ou distonia), hipotonia e ataxia (Cans et al., 2007). O tipo espástico, o mais frequente (Geralis, 2007), caracteriza-se pela presença de tónus elevado (hipertonia) e é causado por uma lesão no sistema piramidal (Scholtes et al., 2006). O tipo disquinético é caracterizado por movimentos e posturas atípicas, mais evidentes quando a pessoa inicia um movimento voluntário: engloba a distonia (tónus muscular variável desencadeado pelo movimento), a atetose e a coreoatetose (tónus instável, com a presença de movimentos involuntários). É provocada por uma lesão do sistema extrapiramidal, particularmente nos núcleos da base (Rosenbaum et al., 2007).

A PC atáxica caracteriza-se por uma perturbação da coordenação dos movimentos e equilíbrio, apresentando, normalmente, uma marcha com base de sustentação alargada, controlo pobre da cabeça e das extremidades dos membros, tremor intencional sendo desencadeada por uma disfunção no cerebelo (Rosenbaum et al., 2007). A consideração da atetose (enquanto caso mais prevalente das disquinésias) como um critério de exclusão determinou assim a inclusão nas amostras dos tipos atáxico e espástico.

A espasticidade pode ser simétrica ou assimétrica e pode atingir uma ou mais extremidades. Se a pessoa é afectada apenas de um lado do seu corpo, o termo utilizado para descrever essa condição é hemiplegia ou paralisia cerebral unilateral, podendo ainda a anomalia motora localizar-se neste caso à direita ou à esquerda. Se dois membros são mais afectados (geralmente as pernas) o termo é diplegia, e se todos os quatro membros são afectados o termo usado é quadriplegia (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe - SCPE, 2000; Rosenbaum et al., 2007).

A classificação final resultante estabelece assim as seguintes categorias de PC: Ataxia, Hemiplegia espástica à esquerda, Hemiplegia espástica à direita, Diplegia espástica e Quadriplegia espástica.

A Tabela 3 esclarece a composição dos diferentes grupos amostrais quanto à tipologia clínica (doravante designada por TAL) dos participantes PC¹⁹.

Tabela 3. Caracterização dos grupos amostrais quanto à tipologia clínica (TAL)

GRUPO A		Nº de participantes	Percentagem (%)
Ataxia		4	8.33
Hemiplegia espástica	Esquerda	7	14.68
	Direita	6	12.50
Diplegia espástica		8	16.67
Quadriplegia espástica		23	47.91
Total		48	100
(SUB) GRUPO A_Atr		Nº de participantes	Percentagem (%)
Ataxia		0	0
Hemiplegia espástica	Esquerda	4	18.18
	Direita	4	18.18
Diplegia espástica		6	27.27
Quadriplegia espástica		8	36.36
Total		22	100
GRUPO B		Nº de participantes	Percentagem (%)
Ataxia		4	18.18
Hemiplegia espástica	Esquerda	2	9.09
	Direita	4	18.18
Diplegia espástica		5	22.73
Quadriplegia espástica		7	31.82
Total		22	100

¹⁹ O acrónimo TAL resulta da expressão *typology according to affected limbs*, criada para designar a classificação combinada em *função da tonicidade e do número de membros afectados*. Inclui a quadriplegia, diplegia, hemiplegia à esquerda e à direita, dentro dos quadros espásticos, e a ataxia. Corresponde à classificação que, em documentos de redacção em português como o de Andrada et al. (2009) se denomina *tipo clínico*.

4.2.2 CLASSIFICAÇÕES DE SEVERIDADE DO COMPROMISSO FUNCIONAL DOS PARTICIPANTES COM PC

Todos os participantes com PC foram classificados na escala de avaliação da função motora *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) (Palisano, Rosenbaum, & Walter, 1997) e na escala de avaliação da função manual *Manual Ability Classification System* (MACS) (Eliasson et al., 2006).

A GMFCS foi concebida para avaliar as capacidades motoras globais, com ênfase na função de locomoção. Constitui um instrumento de observação padronizado, válido e fiável, e largamente utilizado na classificação do grau de severidade do compromisso motor no domínio da PC (McConnell, Johnston, & Kerr, 2011; Palisano et al., 2007). Recorre a uma classificação em cinco níveis, variando entre a disfunção motora ligeira (nível 1) e a presença de disfunções implicando a total dependência do indivíduo e necessidade de assistência à mobilidade (nível 5) (Hiratuka, Matsukura, & Pfeifer, 2010; Palisano et al., 2007). A GMFCS considera a função motora nos diversos contextos da actividade quotidiana (sentar, subir escadas, transferências de posição, saltar, correr, etc.) classificando assim o desempenho habitual dos indivíduos. Tem sido amplamente utilizada na prática clínica e na investigação (Morris & Bartlet, 2004; Ostenjo, Carlberg, & Vollestad, 2003). Várias curvas de desenvolvimento motor foram estabelecidas com base na classificação GMFCS, possibilitando a realização de prognósticos para cada nível funcional e servindo de suporte tanto ao planeamento da reabilitação como do aconselhamento a cuidadores (Rosenbaum et al., 2002).

A MACS faculta uma classificação da função dos membros superiores, que pode ser usada como complemento ao diagnóstico da PC e dos seus subtipos. Avalia a capacidade global de manipulação dos objectos no dia-a-dia, não a função de cada uma das mãos isoladamente ou a diferença funcional entre ambas as mãos. Não discrimina por isso o hemisfério afectado ou o tipo de preensão, avaliando o desempenho bimanual durante as actividades diárias em contexto familiar, na escola, ou na comunidade (Eliasson et al., 2006). Tal como a GMFCS, fornece uma classificação da severidade do compromisso funcional em cinco níveis, com o nível 1 correspondendo ao melhor nível funcional (maior grau de autonomia), e o nível 5 à incapacidade de manipulação de objectos, implicando limitações severas no desempenho de acções simples.

A Tabela 4 detalha a composição dos diferentes grupos amostrais quanto aos níveis de severidade do compromisso funcional avaliados pela GMFSC e pela MACS.

Tabela 4. Caracterização dos grupos amostrais quanto à severidade do compromisso funcional: GMFCS e MACS

GRUPO A	GMFCS		MACS	
	<i>N</i>	(%)	<i>N</i>	(%)
I	17	35.42	12	25
II	9	18.75	19	39.58
III	5	10.42	11	22.92
IV	14	12.16	4	8.3
V	3	6.25	2	4.17
Total	48	100	48	100
(SUB)GRUPO A_Atr	<i>N</i>	(%)	<i>N</i>	(%)
I	8	36.36	5	22.73
II	5	22.73	12	54.55
III	4	18.18	5	22.73
IV	5	22.73	0	0
V	0	0	0	0
Total	22	100	22	100
GRUPO B	<i>N</i>	(%)	<i>N</i>	(%)
I	9	40.91	1	4.55
II	4	18.18	14	63.64
III	2	9.09	4	18.18
IV	4	18.18	2	9.09
V	3	13.64	1	4.55
Total	22	100	22	100

4.2.3 OUTRAS MEDIDAS E INSTRUMENTOS

Bateria Piaget-Head. Todos os participantes foram testados na bateria Piaget-Head, desenvolvida por Galifret-Granjon (1958) e padronizada com amostragem francesa (Zazzo, 1981), para a avaliação neuropsicológica da capacidade de discriminação direita-esquerda. A prova avalia a correcta aplicação das denominações esquerda e direita a si próprio, aos outros e aos objectos. Uma pontuação inferior ao normal (90% de acertos) foi utilizada como critério de exclusão na constituição da amostra.

Block & Box (B&B). Todos os participantes com PC realizaram o Block & Box test (B&B) (Mathiowetz et al., 1985), que avalia a destreza manual global dos indivíduos. A avaliação resulta do número de blocos que os indivíduos transferem, por minuto, entre dois compartimentos localizados de cada um dos lados de uma caixa. A avaliação é feita separadamente para cada mão (dominante e não dominante). O B&B tem sido aplicado tanto em contextos clínicos como experimentais, frequentemente com o objectivo de avaliar a assimetria funcional dos membros superiores em pessoas com hemiplegias.

Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) (Malouin et al., 2007). Quarenta e cinco participantes com PC foram avaliados na versão curta deste instrumento (KVIQ-10), composto por dois questionários destinados a avaliar a IMot tanto em pessoas TD como em pessoas vítimas de lesões cerebrais (Malouin et al., 2007). A subescala V (VIQ) avalia em cinco níveis a clareza (vivacidade) da imagem que os participantes fazem do seu próprio movimento (na perspectiva da primeira pessoa, não de um observador externo). A subescala K (KIQ) avalia em cinco níveis a intensidade das sensações quinestésicas experimentadas durante a imaginação do seu próprio movimento (de novo, na perspectiva da primeira pessoa). Enquanto a versão longa (KVIQ-20) compreende um total de 20 itens (correspondendo à imaginação de 10 movimentos para cada escala), a versão curta compreende apenas 10 itens (cinco para cada escala). O KVIQ mostrou possuir boas propriedades psicométricas, essencialmente equivalentes nas duas versões, longa e curta (Malouin et al, 2007).

Matrizes Progressivas de Raven (1995). A medida de um índice como o QI em populações com limitações motoras mantém-se controversa. Resultados favoráveis à existência de uma correlação negativa entre as limitações motoras e o QI (Dalvand, Dehghan, Hadian, Feizy, & Hosseini, 2012; Sigurdardottir, Eiriksdottir, Gunnarsdottir, Meintema, Arnadottir, & Vik, 2008) têm sido contrariados por dados que apontam para a inexistência de tal correlação (Majnemer, Shevell, Law, Poulin, & Rosenbaum, 2010; Sigurdardottir & Vik, 2011). Um problema fundamental, neste contexto, é o da potencial inadequação dos instrumentos de medida – tomando como exemplo as escalas de Wechsler (*Wechsler Intelligence Scale for Children - WISC-* e *Wechsler Adult Intelligence Scale - WAIS*) a inclusão de subtestes com uma forte componente motora/manipulativa e a utilização de tarefas cronometradas, sujeitas a pressão temporal, suscitam dúvidas sobre a sua validade no caso de populações com PC (Bagnato & Neisworth, 1994; Ek, Fellenius, & Jacobson, 2003). Adicionalmente, a validação e padronização da larga maioria dos instrumentos de avaliação recomendados, da qual decorrem as normas específicas de aplicação, é feita com base em populações TD (Neisworth & Bagnato, 2004). As dificuldades associadas à avaliação cognitiva e intelectual de pessoas com dificuldades motoras e comunicativas significativas são, por isso, largamente reconhecidas (Foo, Guppy, & Johnston, 2013; Hulme, Thomson, Muir, & Lawrence, 1984; Neisworth & Bagnato, 2004; Sabbadini, Bonanni, Carolesimo, & Caltagirone, 2001; White, Craft, Hale, & Park, 1994). Dada a alta prevalência de dificuldades de comunicação na população com PC (SCPE, 2000), testes de avaliação não-verbal parecem constituir a alternativa preferível. As Matrizes Progressivas de Raven - MPR (Raven, Court, & Raven, 1995) possibilitam uma avaliação adequada do que os autores definem como capacidade intelectual geral – factor “g”, sendo de administração rápida, fácil e apropriada a indivíduos com comprometimento motor e da fala. Mantendo presentes as particulares incertezas ligadas à medida do QI nesta população, e as questões fundamentais em aberto, todos os participantes PC foram avaliados quanto à inteligência geral com as MPR. As crianças com idades inferiores a 11 anos foram, de acordo com as indicações de aplicação para esta faixa etária, avaliadas com as Matrizes Progressivas Coloridas de Raven.

4.2.3.1 Aspectos do desenho experimental: Contrabalanceamento das tarefas e Procedimentos Gerais

Contrabalanceamento. A circunstância de os participantes em cada grupo amostral realizarem não uma, mas um conjunto de tarefas, impôs a necessidade de proceder ao seu contrabalanceamento através dos sujeitos, de forma a evitar os efeitos de posição e transferência (*carryover*). Descrevem-se em seguida as estratégias de contrabalanceamento utilizadas e o número de sujeitos afectos a cada sequência de tarefas em cada um dos grupos amostrais.

Grupo A e (sub)grupo A_Atraso. Todos os participantes do Grupo A, incluindo os do (sub)grupo A_Atraso, realizaram tarefas de rotação mental (de letras e mãos: RotM_L e RotM_M), uma tarefa de momento representacional com localização motora (MomRep_M) e uma tarefa de estimação do TTC com dois blocos correspondentes a duas condições de obstáculo: silhueta humana e rectângulo (ver capítulo VII). Os participantes do subgrupo A_Atraso realizaram adicionalmente uma variante da tarefa de MomRep_M com atraso (MomRep_MAttr).

Em ambos os casos, os três tipos de tarefas, consideradas globalmente (rotação mental – A; momento representacional – B; TTC – C) foram contrabalançadas utilizando as seis sequências possíveis de três tarefas ($3! = 6$): ABC, BCA, CAB, CBA, ACB, BAC. A cada uma das sequências foram afectados 8 dos 48 sujeitos PC integrados no Grupo A. O mesmo sucedeu com os participantes Controlo (sendo 49 os participantes Controlo, uma das sequências, seleccionada ao acaso, teve afectados 9 participantes). Sempre que uma das tarefas envolveu duas variantes – caso da rotação mental, de letras e mãos, e da TTC, com dois blocos distintos, em ambos os casos; caso também da tarefa de MomRep_M, com e sem atraso, no subgrupo A_Atraso – metade dos sujeitos afectos a uma dada sequência executou primeiro uma das variantes, tendo a outra metade começado pela variante restante. Dependendo da disponibilidade dos participantes e da praticabilidade, os dados foram recolhidos em duas ou três sessões intervaladas por períodos variáveis.

Grupos B. Os participantes do grupo B realizaram uma tarefa de rotação mental de letras (RotM_L) e uma tarefa de MomRep com sonda mnésica, com duas variantes, sem (MomRep_S) e com atraso (MomRep_SAttr). Metade dos participantes (11) começou pela tarefa de RotM_L, a outra metade (11) pela tarefa de MomRep. Aproximadamente metade dos participantes (5 ou 6 sujeitos) em cada um destes grupos iniciou a tarefa de momento representacional pela variante sem atraso (MomRep_S), os restantes pela variante com atraso (MomRep_SAttr). Dependendo da disponibilidade dos participantes, os dados foram recolhidos em uma ou duas sessões.

Procedimentos gerais. Todas as tarefas foram realizadas em sessões individuais, num local calmo e salvaguardado de interrupções exteriores. Em todas as tarefas, um conjunto variável de ensaios treino precedeu a experiência propriamente dita, de modo a familiarizar o sujeito com a tarefa e assegurar a boa compreensão das instruções. Todos os participantes afectos à realização de uma tarefa passaram por todas as condições experimentais nessa tarefa (desenho de medidas repetidas). Todas as tarefas foram implementadas no programa Super Lab 4.0 (*Cedrus Corporation*), que geriu a apresentação e aleatorização dos estímulos e a recolha em linha das respostas. As experiências correram num computador portátil equipado com um monitor de 15,6” e taxa de refrescamento de 60-Hz. Todos os participantes preencheram e assinaram um termo de consentimento informado, salvaguardando-se a liberdade de abandonar a situação experimental a qualquer momento, caso desejado.

5. Rotação Mental

Parte considerável da investigação acerca da imaginaria mental implícita tem sido desenvolvida com o recurso a tarefas de rotação mental, isto é, da rotação simulada de objectos (Shepard & Metzler, 1971; Cooper & Shepard, 1973; Cooper, 1975) ou de partes do corpo (Cooper & Shepard, 1975; Parsons, 1987, 1994; Sekiyama, 1982), na ausência da sua rotação física. Na linha de vários trabalhos dirigidos ao estudo da rotação mental em populações com problemas neurológicos reconhecidos (Courbois, Coello, & Bouchart, 2004; Hinnell & Virji-Babul, 2004), Martins, Oliveira e Amorim (2005) procuraram caracterizar o comportamento de participantes com PC em tarefas de rotação mental de letras (inspiradas nas de Cooper & Shepard, 1973) e de mãos (tarefas de julgamento de lateralidade semelhantes às utilizadas em Parsons, 1987, 1994) comparativamente a amostras emparelhadas de participantes Controlo. Em ambas as tarefas, o perfil de resultados foi qualitativamente semelhante nas duas amostras, o que documentou a capacidade dos participantes PC para realizar tarefas de rotação mental, no entanto com velocidades de transformação incremental das imagens consideravelmente inferiores às do grupo Controlo (Martins, Oliveira, & Amorim, 2005).

No quadro do debate sobre a origem comum (Wexler et al., 1998) ou dissociada (Sirigu & Duhamel, 2001) da IV, que se supõe prevalente nas tarefas de rotação mental de objectos (e.g., letras), e IM, que se admite suportar as diferenças de TR associadas à simulação de movimentos com diferentes graus de dificuldade biomecânica (Parsons, 1994; Sekiyama, 1982), estes resultados favorecem a hipótese da comunidade de origem – somando-se ainda à evidência acumulada sobre o envolvimento geral de processos motores em tarefas de rotação mental (Amorim, Isableu, & Jarraya, 2006; Eisenegger,

Herwig, & Jancke, 2007; Kosslyn, 1994; Tomasino, Borroni, Isaja, & Rumiati, 2005; Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998; Wohlschläger, 2001). Com efeito, dada a centralidade dos problemas de controlo e execução motora na PC e a evidência de que os mesmos processos subjacentes ao controlo e execução real são mobilizados pela simulação mental do movimento (de Lange et al., 2006, 2008; Fiorio et al., 2006; Grèzes & Decety, 2001; Jeannerod, 2001; Jeannerod & Frak, 1999; Kosslyn et al., 2001; Munzert et al., 2009; Nico et al., 2003; Parsons, 1987, 1994; Wraga et al., 2005), poderiam esperar-se diferenças marcadas entre os participantes com PC e Controlo nas tarefas de rotação implícita de mãos. Já quanto à tarefa da rotação de letras, a hipótese de que dependeria unicamente da IV, combinada com a de uma dissociação completa entre IV e IMot, não levaria a esperar, à partida, diferenças entre os dois grupos. A verificação de uma lentificação da IM nas duas tarefas sugere, assim, um impacto das limitações motoras características da PC em ambas as formas de imaginaria e uma raiz motora comum da rotação mental de objectos e de partes do corpo (Jeannerod, 1994).

Uma possibilidade importante a considerar, apoiada por evidência disponível na literatura, é a de que a utilização da imaginaria visual ou motora dependa menos da oposição global entre tarefas envolvendo partes do corpo (ego-centradas) e objectos externos (exo-centradas), do que de um conjunto de factores incluindo diferenças inter-individuais (Seurink et al., 2004), o tipo de instruções fornecidas (Sirigu & Duhamel, 2001) a representação da tarefa construída pelos participantes (Swartz & Holton, 2000; Kosslyn et al., 2001b), a perspectiva (ponto de vista - PV) em que as mãos são apresentadas (Martins et al, 2005; Steenbergen, Van Nimwegen, & Crajé, 2007), a postura do participante no momento da tarefa (Ionta et al, 2007; Sirigu & Duhamel, 2001; Shenton, Schwoebel, & Coslett, 2004) ou o número de eixos implicados pela rotação (ter Horst & Steenbergen, 2010). Resultados sugestivos da utilização cooperativa de estratégias visuoespaciais e motoras numa única tarefa – isto é, de uma estratégia mista espacial-motora – têm sido reportados (Seurink et al., 2004), permitindo conceber um recurso flexível a cada uma destas modalidades de imaginaria ou à sua utilização combinada, modulada pelos factores referidos acima. A inconsistência reconhecida dos resultados relativos à activação cortical de zonas motoras e/ou pré-motoras em tarefas de rotação de objectos abstractos (Cohen et al., 1996) poderia dever-se, justamente, a esta componente estratégica da gestão do uso das duas modalidades de IM. A utilização de dois PV sobre as mãos (mão vertical com costas no plano, mão em profundidade com visão da palma), susceptíveis de favorecer diferencialmente a mobilização de uma

imaginária visual ou motora (Steenbergen, Van Nimwegen, & Crajé, 2007) constitui, neste sentido, uma manipulação importante na tarefa de rotação de mãos. Com base na hipótese de um compromisso da IMot secundário às limitações da motricidade no grupo PC, poderia, por exemplo, admitir-se uma tendência para a utilização de estratégias predominantemente visuais na rotação de mãos entre os participantes PC. A ser esse o caso, os resultados deveriam, então, variar significativamente na amostra PC entre o PV mais compatível com a mobilização de uma imaginária visuoespacial e o PV mais favorável a uma estratégia de simulação motora.

O conjunto de estudos empíricos apresentados neste capítulo visam, em primeiro lugar, replicar estes resultados, envolvendo as mesmas tarefas de rotação de letras 3D e de julgamento da lateralidade (esquerda/direita) de fotografias de mãos utilizadas em Martins, Oliveira e Amorim (2005). Adicionalmente, no entanto, para além da comparação global entre amostras PC e Controlo (cuja extensão foi reforçada em relação ao estudo anterior), esta nova série de estudos estende-se, igualmente, à comparação entre subgrupos de participantes com PC constituídos com base em duas classificações de severidade do compromisso da função motora (uma dirigida à função motora global, outra à função manual) e numa classificação clínica que combina tonicidade muscular (ataxia e espasticidade) com um critério topográfico relativo ao número e localização das áreas afectadas (ver, no capítulo anterior, a caracterização das amostras PC quanto à tipologia clínica e à severidade de compromisso funcional). Inclui ainda, diferentemente do estudo anterior, medidas da clareza e vivacidade das imaginárias visual e motora obtidas através de questionários (KVIQ-10: Malouin et al., 2008) cujas correlações com os indicadores característicos da rotação mental de objectos (o declive da subida linear dos tempos) e de mãos (a diferença entre trajectos biomecanicamente mais e menos constrangidos) constituem um foco de interesse adicional.

5.1 EXPERIÊNCIA 1.1 - ROTAÇÃO MENTAL DE LETRAS

5.1.1 MÉTODO

Participantes

As experiências de rotação mental de letras foram realizadas por todos os participantes do grupo A (48 PC, 49 Controlo), caracterizado na secção metodológica geral do capítulo anterior. A tarefa de rotação mental de letras foi igualmente realizada pelos participantes do grupo B, que elevaram assim o n da amostra para 70 (48 + 22) participantes com PC e 71 (49 + 22) participantes Controlo. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento informando-os de que eram livres de abandonar a situação experimental a qualquer momento, se assim o desejassem. Metade dos participantes realizou a experiência de rotação de letras anteriormente às tarefas de rotação de mãos, e a outra metade, após realizarem as rotações de mãos.

Estímulos

Os estímulos eram Letras (F e R) tridimensionais texturadas (cor verde com sombreamento), idênticas às utilizadas no estudo anterior de Martins, Oliveira e Amorim (2005). As imagens foram construídas no programa 3D Studio MAX e rodadas, subsequentemente, a passos de 30°, tanto para a direita como para a esquerda, entre os 0 e os 180° (cf. Figura 10). Metade dos estímulos apresentava as letras na sua forma normal, a outra metade numa versão especular (mirror-reversed), invertida segundo a vertical (hastes do “F” e bojo e perna oblíqua do “R” orientadas para a esquerda, portanto simetricamente à sua orientação canónica). As dimensões das letras F e R eram aproximadamente as mesmas (F: 149 × 205 px; R: 154 × 205 px), subentendendo cerca de 3.59° × 4.95° de ângulo visual para os Fs e 3.72° × 4.95° para os Rs.

A opção por letras tridimensionais destinou-se a facilitar a comparação com o desempenho na tarefa de rotação de mãos, que emprega fotografias realistas (3D) de mãos rodadas (cf., para os efeitos da dimensionalidade dos estímulos na rotação mental, Bauer & Jolicoeur, 1996). No entanto, apesar de envolver letras tridimensionais, a rotação impressa às letras decorreu inteiramente no plano (2D). Diferentemente das figuras originais de Shepard e Metzler (1971), os estímulos utilizados são, assim, coplanares e a rotação mental requerida não envolve a terceira dimensão.

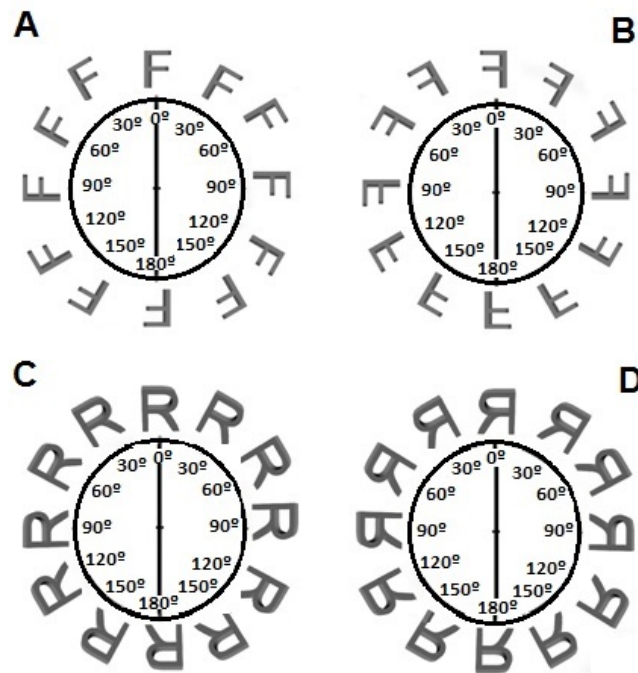


Figura 10. Estímulos da tarefa de rotação mental de letras: Fs normais (A), Fs em espelho (B), Rs normais (C), Rs em espelho (D). Todas as letras apresentam versões rodadas a passos consecutivos de 30°, para a esquerda e para a direita, entre os 0 e os 180° (Martins et al., 2006, p. 88).

Desenho Experimental e Procedimento

Todos os participantes do grupo PC foram avaliados nas escalas MACS (Eliasson et al., 2006), GMFCS (Palisano, Rosenbaum, & Walter, 1997) e no teste B&B (Mathiowetz et al., 1985), tendo 22 deles, adicionalmente, respondido aos questionários de imaginaria visual e quinestésica KVIQ (Malouin et al., 2007, 2008). Os participantes sentavam-se a aproximadamente 60 cm de distância do ecrã, sendo solicitados a manter uma postura estável e, tanto quanto possível, constante ao longo da sessão. A experiência propriamente dita foi precedida por um conjunto de ensaios de treino destinados a familiarizar os participantes com as tarefas e a garantir a boa compreensão das instruções. Os participantes eram encorajados a colocar quaisquer dúvidas que lhes surgissem durante o período de treino e inquiridos de novo sobre a presença de dúvidas após a conclusão do treino. Em cada ensaio, os participantes indicavam o mais rapidamente possível se a letra apresentada se encontrava na sua versão normal ou em espelho pre-mindo, no primeiro caso, o botão direito do rato e, no segundo caso, o botão esquerdo.

O TR era registado em ms. O desenho experimental foi de medidas repetidas. Todos os participantes passaram por todas as condições experimentais definidas por um plano factorial 7 (ângulo de rotação) x 2 (sentido da rotação: esquerda-direita) x 2 (Letra Normal - Em Espelho) x 2 (tipo de letra: F - R) x 2 (replicações), num total de 96 ensaios.

5.1.2 RESULTADOS

5.1.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa dos TR

A variável dependente característica do estudo das rotações mentais é o TR, medido em ms. Apenas os TR das respostas correctas, isto é, nos quais a natureza da letra – normal ou em espelho – foi correctamente identificada, foram utilizados para efeitos de análise. A Figura 11 apresenta, para cada um dos grupos, o TR médio das respostas correctas (agregado através dos restantes factores) em função do ângulo de rotação das letras. A assinatura gráfica característica do efeito de rotação mental, consistindo numa elevação aproximadamente linear do TR em função da distância angular em relação à vertical, pode observar-se nos dois grupos. Tal como os participantes Controlo, por conseguinte, os participantes com PC apresentam um padrão gráfico consistente com a execução bem-sucedida de uma rotação mental das letras. Os TR são claramente mais elevados no grupo PC sendo, no entanto, importante distinguir entre duas fontes para essa diferença: a ordenada na origem (ponto onde a curva intercepta o eixo das ordenadas) e o declive da curva. Ambas as fontes contribuem para a maior latência das respostas no grupo PC. No presente contexto, a segunda fonte é a mais relevante. Enquanto a diferença na ordenada da origem reflecte, em princípio, diferenças na latência devida à preparação e execução da resposta entre o grupo, o declive reflecte o custo adicional em tempo por cada grau adicional de rotação, fornecendo assim uma medida da lentificação comparativa da rotação mental. A análise gráfica sugere, deste modo, uma semelhança qualitativa entre os dois grupos, e uma maior lentidão da rotação mental (menor velocidade da transformação mental) nos participantes com PC.

A análise estatística, consistindo numa ANOVA mista com Ângulo de Rotação (abreviado doravante para Rotação) como factor intra-sujeitos e Grupo como factor

entre-sujeitos, suportou as conclusões da inspeção gráfica. Como em todas as restantes análises de variância apresentadas envolvendo factores intra-sujeitos, a correcção de Greenhouse–Geisser para os graus de liberdade foi utilizada sempre que se verificou a violação da condição de esfericidade. O factor Rotação apresentou um efeito principal significativo, $F(2.073, 290.279) = 31.68, p < .001$, com uma marcada tendência linear, assinalada por um contraste linear significativo, $F(1, 140) = 62.109; p < .001$. Reflectindo a diferença aparente dos declives no gráfico, observou-se também uma interacção significativa Rotação \times Grupo, $F(2.073, 290.279) = 6.845, p = .001$. O factor Grupo apresentou, por sua vez, efeitos significativos, $F(1, 140) = 72.55, p < .001$, confirmando a existência de diferenças nos TR médios entre os grupos, com os participantes com PC a apresentarem latências de resposta superiores ($M = 4382.80$; EP [erro padrão da média] = 219.65) às do grupo controlo ($M = 1718.16$; $EP = 222.76$). ANOVAS de medidas repetidas conduzidas separadamente em cada um dos grupos documentaram igualmente um efeito principal significativo da Rotação [Controlo: $F(2.73, 188.44) = 66.98, p < .001$; PC: $F(2.04, 144.92) = 18.00, p < .001$], associado em ambos os casos a um contraste linear significativo [Controlo: $F(1, 69) = 121.84, p < .001$; PC: $F(1, 71) = 35.47, p < .001$], confirmando, assim, a presença de uma elevação linear dos tempos com a distância angular tanto nos participantes Controlo como nos participantes com PC.

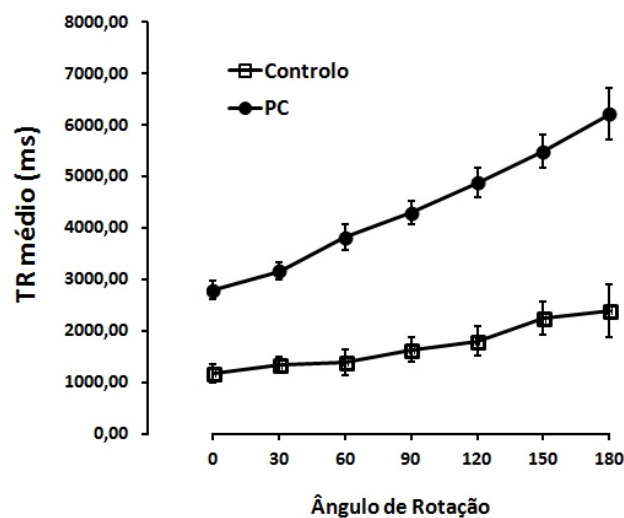


Figura 11. TR médios (em ms) das respostas correctas em cada um dos grupos (PC e Controlo) em função do ângulo de rotação da letra em relação à vertical. As médias dos TR foram calculadas agregadamente através da direcção de rotação das letras (esquerda ou direita), da sua natureza (normal *vs.* em espelho) e do seu tipo (F e R). As barras de erro representam o erro padrão da média.

O mesmo perfil de semelhança qualitativa entre grupos, com maior declive na série dos TR correspondentes ao grupo PC, foi observado nas letras normais e em espelho, como ilustram os gráficos A (letras normais) e B (em espelho) da Figura 12. ANOVAS mistas conduzidas separadamente para cada um destes tipos de letras suportaram igualmente esta sugestão, revelando efeitos principais da Rotação [letras normais: $F(1.82, 231.17) = 28.059, p < .001$; em espelho: $F(2.47, 333.35) = 13.285, p < .001$] associados a contrastes lineares [letras normais: $F(1, 127) = 56.126, p < .001$; em espelho: $F(1, 135) = 30.398, p < .001$], uma interacção Rotação \times Grupo significativa no caso das letras normais, $F(1.82, 231.17) = 8.89, p < .001$, e uma componente linear da interacção Rotação \times Grupo marginalmente ($p < .10$) significativa para as letras em espelho: $F(1, 135) = 3.049, p = .083$. Em ambos os casos, o efeito principal de Grupo foi significativo [letras normais: $F(1, 127) = 257.13, p < .001$; em espelho: $F(1, 135) = 392.789, p < .001$], com TR médios mais elevados no grupo PC.

A comparação das linhas correspondentes ao grupo PC entre os dois gráficos (A e B) da Figura 12 revela um padrão de interacção, com TR inferiores no caso das letras normais até aos 90° e TR superiores nas letras normais a partir dos 90°. A razão para este padrão atípico, ausente nos estudos anteriores de Martins et. al. (2006), não é clara. No entanto, tendo uma elevação linear dos TR em função da distância angular sido documentada no grupo PC tanto para as letras normais como em espelho, assinalando um “efeito de rotação mental” em ambos os casos, mantém-se legítima a utilização dos dois tipos de letras para o cálculo do TR médio nas análises subsequentes.

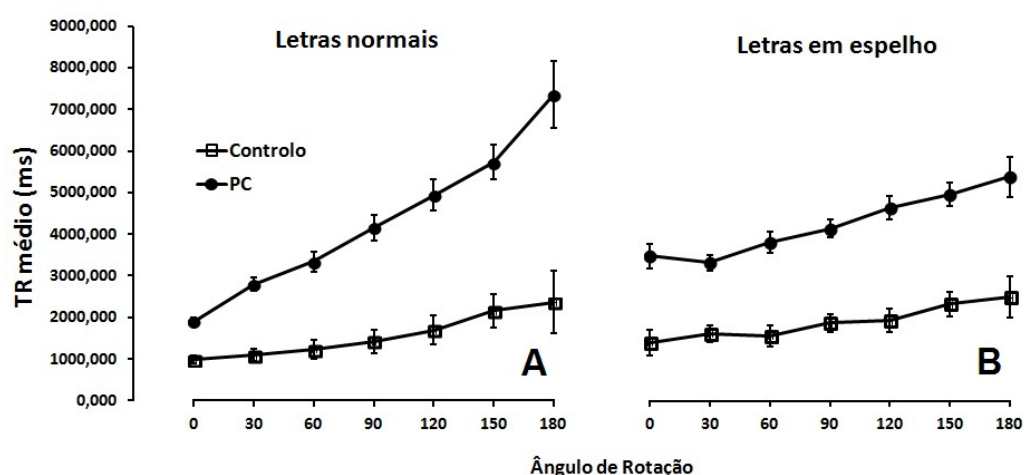


Figura 12. TR médios das respostas correctas em cada um dos grupos (PC e Controlo) em função do ângulo de rotação e da natureza da letra apresentada (normal *vs.* em espelho). A: Letras normais; B: Letras em espelho. As barras de erro representam o erro padrão da média

O factor Direcção de rotação (para a esquerda ou para a direita) não apresentou efeitos significativos numa ANOVA mista global com Rotação, Direcção e Natureza da letra (normal *vs.* em espelho) como factores intra-sujeitos e Grupo como factor entre sujeitos, $F(1,116) = 0,09, p = .927$. O mesmo sucedeu com a interacção Direcção \times Grupo, que não teve expressão estatística, $F(1,116) = 1.776, p = .185$, e com a interacção Direcção \times Rotação, $F(2.252, 261.99) = 0.546, p = .622$. O mesmo perfil de resultados relativos ao factor Direcção foi ainda registado em ANOVAS conduzidas separadamente em cada grupo. Os níveis do factor Direcção foram, por isso, sempre tratados de forma agregada nas análises reportadas. A variável entre-sujeitos Género apresentou valores de TR consistentemente superiores entre os participantes femininos. No entanto, esta diferença não atingiu significância estatística na ANOVA mista global, $F(1,140) = 1.437, p = .233$, não se verificando também uma interacção com o factor Rotação, $F(2,048, 286.665) = 0.422, p = .661$. Estes resultados foram replicados no grupo Controlo. No grupo PC, o Género apresentou um efeito principal significativo, $F(1,70) = 6.839, p = .011$, mas, de novo, sem interacção, com o factor Rotação, $F(2,011, 140.976) = 0.720, p = .489$. A variável Género, mesmo no único caso em que atingiu significância estatística, esteve assim associada a um padrão de paralelismo na elevação dos tempos entre homens e mulheres, assinalado pela ausência de interacção com Rotação. Diferentemente da variável Grupo (Controlo *vs.* PC), o Género operou no sentido de uma elevação dos TR nos participantes femininos expressa unicamente no aumento do valor da ordenada de origem, sem implicações quanto ao declive da elevação e, portanto, quanto à velocidade da transformação mental.

5.1 2.2 Efeitos da severidade do compromisso funcional no perfil de TR: subgrupos PC

A classificação dos participantes com PC em função da gravidade do seu compromisso funcional foi efectuada em cinco níveis (gravidade crescente), com base nas medidas MACS (Eliasson et al., 2006) e GMFSC (Palisano, Rosenbaum, & Walter, 1997). A classificação topográfica TAL, por sua vez, não sendo uma classificação da gravidade do compromisso funcional em sentido próprio, reflecte no entanto o número e localização dos membros afectados pela PC, mantendo uma correlação positiva significativa com ambas as medidas de severidade.

Na Figura 13, nos gráficos A e B, é ilustrado o comportamento do TR em função do ângulo de rotação nos diferentes subgrupos definidos pelas medidas GMFSC e MACS. Os gráficos C e D da mesma figura representam, por sua vez, os valores médios dos declives (em ms/°) calculados para cada subgrupo em cada uma das classificações. Considerando o número total de participantes com PC (70: Grupos A e B) e a distribuição de efectivos através dos níveis de severidade da MACS e da GMFSC (cf. tabela 2 do capítulo anterior), todos os subgrupos com $n < 10$ (i.e., representando menos de 15% do efectivo total) foram agregados a subgrupos contíguos. Os níveis 3 ($n=7$) e 2 ($n=13$), por um lado, e 5 ($n=6$) e 4 ($n=18$), por outro, da classificação GMFSC foram agregados em novas categorias 2 e 3, respectivamente. Os níveis 5 ($n=3$) e 4 ($n=6$) da classificação MACS foram assim agregados com a categoria 3 ($n=15$).

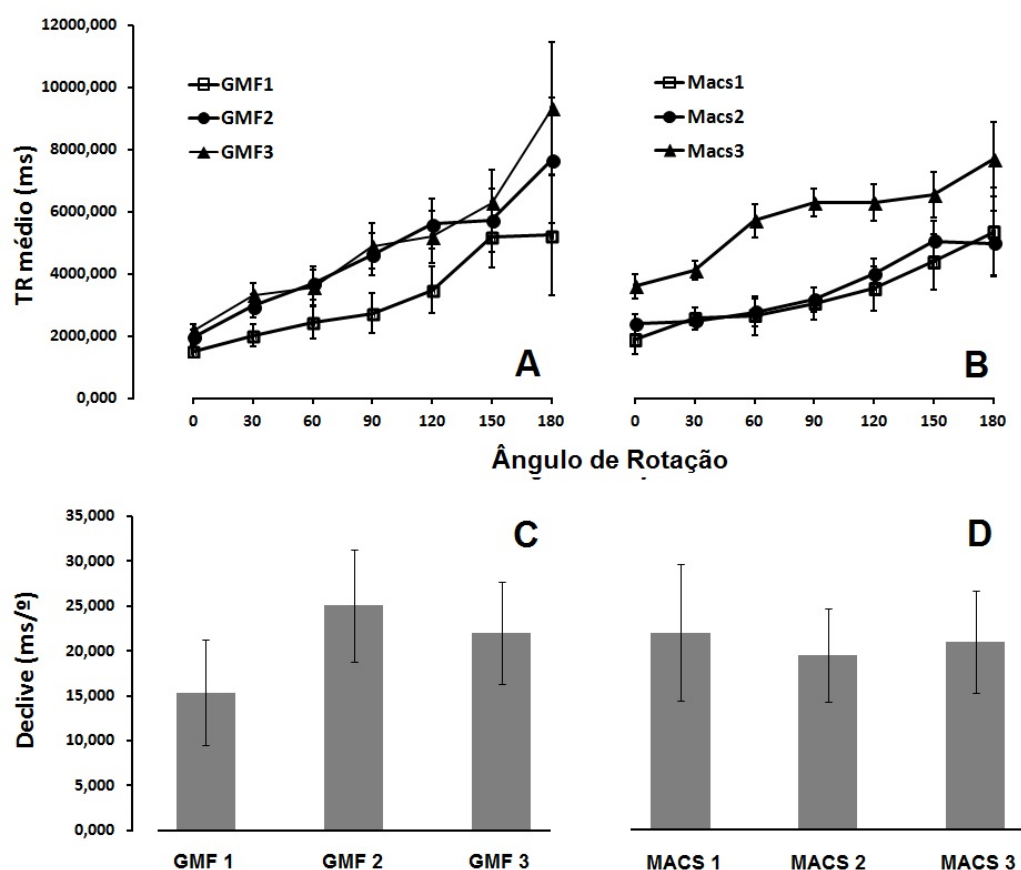


Figura 13. Gráficos A e B: TR médios das respostas correctas em função do ângulo de rotação das letras (em abcissa) em cada um dos subgrupos da GMFSC (A) e da MACS (B) (níveis de severidade como parâmetro das curvas); Gráficos C e D: Valores médios do declive (em ms/°) calculados em cada um dos subgrupos da GMFSC (C) e da MACS (D). As barras de erro representam o erro padrão da média.

A inspeção dos gráficos A e B revela a tendência aproximadamente linear de aumento dos TR com o desfasamento angular em todos os subgrupos PC, e um acréscimo do TR médio nas categorias de severidade mais altas. No gráfico A, envolvendo os níveis da GMFSC, a abertura das linhas aponta para um acréscimo do declive das curvas (uma medida da lentidão da rotação mental) com o grau de severidade. Diferentemente, na MACS, o padrão gráfico encontra-se mais próximo de um paralelismo entre as linhas. As ANOVAS mistas associadas a cada um destes gráficos, com Rotação como factor intra-sujeitos e a classificação de severidade (GMFSC e MACS) como factor entre-sujeitos, revelaram efeitos principais da Rotação [GMFSC: $F(1.693,95.528) = 15.791, p < .001$; MACS: $F(1.973, 132.172) = 15.587, p < .001$] associados em ambos os casos a um contraste linear significativo ($p < .001$), e um efeito principal do factor MACS, $F(2,67) = 8.558, p < .001$. O factor GMFSC não produziu um efeito principal com expressão estatística, $F(2,57) = 2.279, p = .112$, mas apresentou um contraste linear marginalmente significativo ($p = .052$). Nenhum dos termos de interação, Rotação \times GMFSC e Rotação \times MACS foi significativo: $F(3.387,96.528) = 0.585, p = .647$ e $F(3.945,132.172) = 0.775, p = .555$, respectivamente. Este último resultado suporta, no caso da MACS, o paralelismo assinalado entre linhas na inspeção visual (Figura 13 B). No caso da GMFSC, não suporta estatisticamente a impressão geral de aumento do declive com o nível de severidade, sugerida pela abertura das curvas para a direita (Figura 13 A).

O gráfico C na Figura 13 ilustra uma tendência de aumento do valor do declive da linha entre o nível 1 de severidade da GMFSC e os níveis mais elevados 2 e 3. O declive foi calculado individualmente, em $\text{ms}/^\circ$, para todos os participantes aos quais se ajustava o modelo de regressão linear dos TR sobre o ângulo de rotação (cerca de 92%) e as médias de declive calculadas depois para cada subgrupo. O factor GMFSC não apresentou no entanto um efeito principal significativo na ANOVA entre-sujeitos conduzida sobre os valores de declive, $F(2,61) = 0,685, p = .508$. O gráfico D sugere por sua vez uma quase constância dos valores do declive nos subgrupos MACS. De acordo com este resultado da inspeção visual, não se registaram efeitos de MACS na ANOVA associada ($p = .959$).

Apesar de algumas sugestões gráficas para uma modulação do efeito de rotação mental pelos níveis de severidade da GMFSC (não da MACS), segundo uma tendência de elevação do declive com a severidade, não foi possível documentar esta tendência estatisticamente. Dada a relação já referida entre a classificação clínico-topográfica

TAL (exprimindo uma combinação de diferenças quanto à tonicidade e ao número de membros afectados pela PC) e as medidas de severidade, os subgrupos TAL foram igualmente comparados entre si. Considerando a especificidade clínica da classificação TAL, apesar de o n do subgrupo de atáxicos e de hemiplégicos esquerdos ser em ambos os casos inferior a 10 (8 e 9, respectivamente), não houve agregação com outras categorias, preservando-se assim a distinção entre cinco categorias (ataxia, hemiplegia espástica à esquerda, hemiplegia espástica à direita, diplegia espástica e quadriplegia espástica).

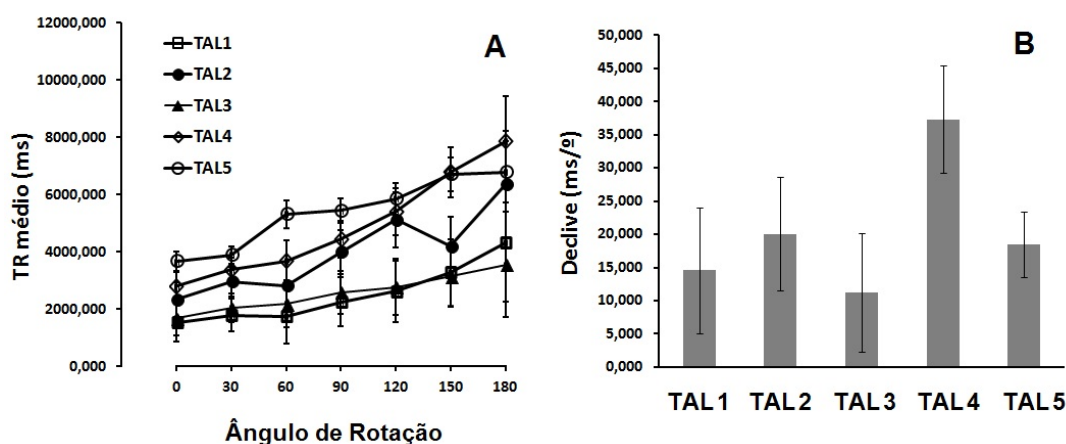


Figura 14. A: TR médios das respostas correctas em função do ângulo de rotação das letras (em abcissa) em cada um dos subgrupos TAL (parâmetro da curva). B: Valores médios do declive (em $\text{ms}/^\circ$) calculados em cada um dos subgrupos TAL (com exclusão dos participantes aos quais não foi possível ajustar um modelo linear). As barras de erro representam o erro padrão da média.

O gráfico A da Figura 14 apresenta a evolução dos TR médios com o desfasamento angular das letras relativamente à vertical nos subgrupos TAL. A tendência linear de elevação dos tempos é visível em todos os subgrupos, que manifestam assim o “efeito de rotação mental”. Uma tendência, interrompida apenas pelos hemiplégicos direitos (nível 3), para TR mais elevados em níveis superiores do TAL é igualmente observável. Para além de se exprimir nas ordenadas na origem, esta tendência parece ainda manifestar-se em declives crescentes das linhas (abertura em leque para a direita). Uma ANOVA mista com Rotação como factor intra-sujeitos e TAL como factor entre-sujeitos revelou efeitos principais significativos de ambos os factores, respectivamente: $F(2.03,8.11) = 16.17, p < .001$ e $F(4,63) = 4.563, p = .003$. O efeito da rotação esteve,

como em todos os casos anteriores, associado a um contraste linear significativo, $F(1,63) = 31.09, p < .001$, confirmando o perfil de elevação linear dos TR.. A diferença entre subgrupos PC, por sua vez, mostrou desse modo ser estatisticamente significativa, com uma tendência de elevação dos TR médios em função dos níveis de TAL (à qual só o nível 3, correspondente à categoria dos hemiplégicos direitos, constitui exceção, apresentando valores semelhantes aos dos participantes atáxicos). Apesar da sugestão gráfica de um aumento do declive das linhas (o parâmetro mais importante para caracterizar a rotação mental) com o nível de TAL, a interação Rotação \times TAL não teve expressão estatística ($F < 1$).

No gráfico B da Figura 14 estão representados, por seu turno, os valores médios de declive, calculados em cada um dos subgrupos TAL. O subgrupo de hemiplégicos direitos (nível 3) continua a apresentar um perfil distintivo, com os mais baixos valores de declive e rompendo a tendência para uma elevação dos valores com a passagem do subgrupo dos atáxicos (nível 1) para os subgrupos espásticos. Uma ANOVA entre-sujeitos conduzida sobre a distribuição dos declives não revelou efeitos principais significativos de TAL $F(4,63) = 1.48, p = .219$. A análise dos subgrupos TAL convergiu assim essencialmente com a dos subgrupos GMFSC, apresentando sugestões gráficas no sentido de maiores declives (i.e., maior lentidão da transformação mental) nos seus níveis mais elevados e, em geral, com a passagem do subgrupo de atáxicos para os subgrupos espásticos (exceção feita aos subgrupo dos hemiplégicos direitos), sem que no entanto essas sugestões tivessem expressão estatística.

A diferença entre letras normais e em espelho, quando introduzida como um factor intra-sujeitos nas ANOVAs mistas, não apresentou nunca efeitos principais (menor p observado = .651, registado na análise dos subgrupos TAL) ou interações significativas (menor p observado = .323, registado na análise dos subgrupos MACS) com qualquer das classificações, justificando assim o tratamento agregado dos dois tipos de letras nas análises.

5.1.2.3 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa dos erros

Apesar do primado do TR enquanto variável dependente no estabelecimento do “efeito de rotação mental”, a taxa de erros cometidos constitui igualmente uma variável de interesse, podendo esperar-se uma tendência de elevação (não necessariamente linear) com o desfasamento angular da letra relativamente à vertical. Adicionalmente, dada a possibilidade de negociações (*trade-offs*) entre a rapidez da resposta e a sua exactidão (o complementar da taxa de erros, 1-% erros, ou taxa de acertos), o exame do comportamento do erro pode contribuir para uma caracterização mais completa do grau de dificuldade encontrado pelos participantes na tarefa. Em todas as análises subsequentes, a taxa de erro foi calculada para cada participante individualmente e as análises conduzidas sobre as distribuições do valor do erro nas condições experimentais relevantes (i.e., sob comparação).

A Figura 15 apresenta o perfil de elevação dos erros em função da Rotação nos grupos PC e Controlo. Uma tendência consistente para o aumento da percentagem de erros é visível em ambos os grupos, combinando uma componente linear e uma tendência quadrática para a aceleração das curvas a partir dos 120°. Os valores de erro são consistentemente superiores no grupo PC, apresentando além disso, entre os 30 e os 150°, um declive superior ao que se observa no grupo Controlo. A sugestão é assim, de novo, a de um perfil qualitativo idêntico nos dois grupos, acompanhado de diferenças quantitativas manifestando uma dificuldade acrescida da execução da tarefa de rotação mental nos participantes PC. A ANOVA mista associada, com Rotação como factor intra-sujeitos e Grupo como factor entre-sujeitos, suportou as conclusões da inspecção visual, documentando efeitos principais dos dois factores, respectivamente $F(2,885,401.028) = 28.183, p < .001$ e $F(1,139) = 23.269, p < .001$, e uma interacção significativa Rotação \times Grupo, $F(2,885,401.028) = 5.148, p = .002$.

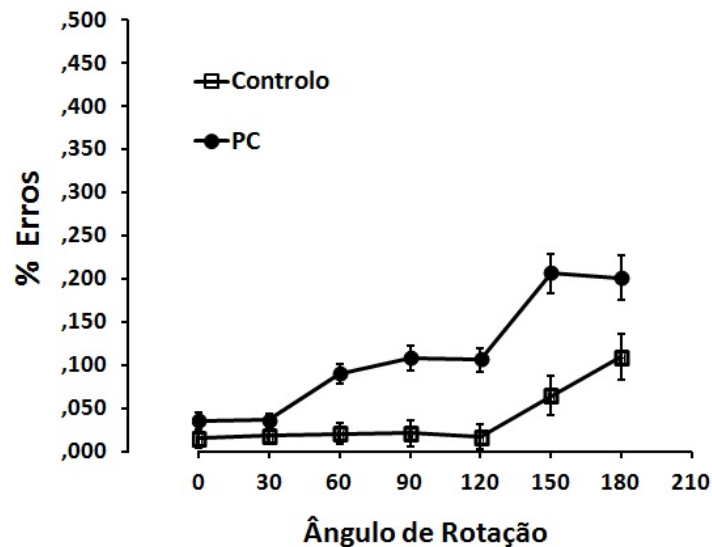


Figura 15. % Erros (em ordenada) em função do ângulo de rotação da letra em relação à vertical (em abcissa) nos grupos PC e Controlo (parâmetro da curva). As barras de erro representam o erro padrão da média.

A diferença entre letras normais e em espelho esteve associada a um efeito principal significativo na ANOVA mista global, $F(1,139) = 16.484, p < .001$, com valores médios de erro inferiores nas letras em espelho (5,2%, contra 9,7% nas letras normais), bem como a uma interação significativa com o factor Grupo, $F(1,139) = 7.139, p = .008$. Os gráficos A e B da Figura 16 representam a evolução da percentagem de erros em cada um dos grupos (PC e Controlo) considerando separadamente as letras normais (A) e em espelho (B). Apesar da diferença sensível entre os dois gráficos, devida sobretudo à redução significativa da percentagem de erros cometidos pelo grupo PC na condição com letras em espelho, a caracterização fornecida a propósito do gráfico global (agregando os dois tipos de letras) mantém-se válida para ambos: tendência para um aumento da percentagem de erros nos ângulos de rotação superiores, com valores de erro consistentemente maiores no grupo PC, apresentando, além disso, um declive superior ao que se observa no grupo Controlo. A análise estatística suportou no essencial a inspecção visual, revelando, no caso das letras normais, efeitos dos factores Rotação, $F(2,72, 378.093) = 22.269 p < .001$ e Grupo, $F(1,139) = 21.094, p < .001$, e uma interação Rotação \times Grupo, $F(2,72,378.093) = 4.708, p = .004$. Na condição letras em espelho, os factores Rotação e Grupo apresentaram, igualmente, efeitos principais significativos, $F(3,684,512.08) = 8.96, p < .001$ e

$F(1,139) = 9.282, p = .003$, respectivamente. No entanto, a interação Rotação \times Grupo não teve expressão estatística, $F(3.684, 512.08) = 1.257, p = .287$, não suportando, assim, a tendência detectável no gráfico para um declive superior da curva correspondente aos participantes com PC.

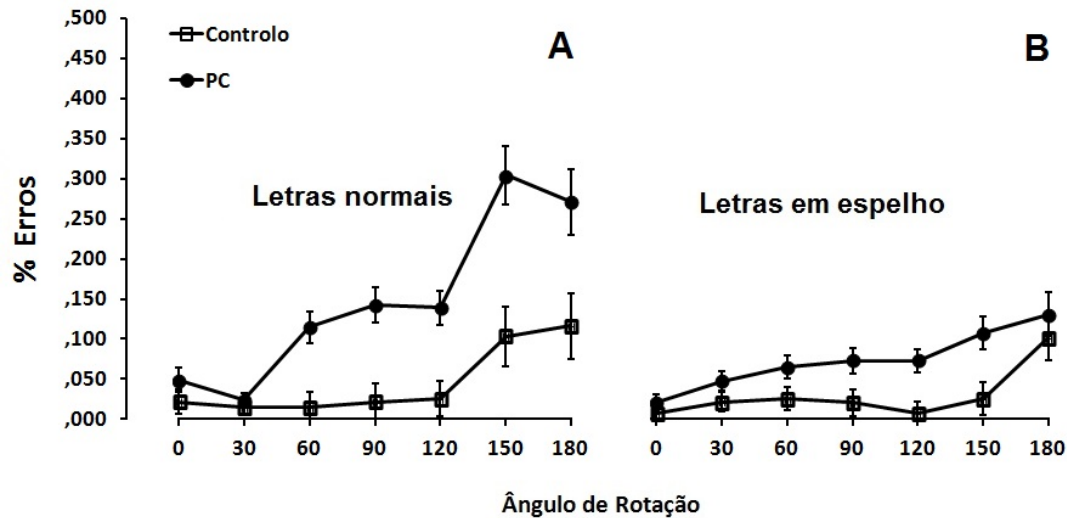


Figura 16. % Erros (em ordenada) em cada um dos grupos (PC e Controlo) em função do ângulo de rotação (abscissa) e da natureza da letra apresentada (normal *vs.* em espelho: parâmetro da curva). A: Letras normais. B: Letras em espelho. As barras de erro representam o erro padrão da média.

A Direcção de rotação (esquerda *vs.* direita) não apresentou, como sucedera já com os TR, um efeito principal significativo, $F(1,140) = 1.683, p = .197$, o mesmo sucedendo com as interações Direcção \times Grupo, $F(1,139) = 0.253, p = .616$, e Direcção \times Rotação, $F(6, 840) = 1.149, p = .332$. ANOVAS de medidas repetidas conduzidas separadamente em cada grupo concluíram, igualmente, por efeitos não significativos da Direcção (efeitos principais associados a $p = .470$, no grupo Controlo e $p = 288$, no grupo PC), justificando, assim, a agregação dos níveis desta variável para efeitos do cálculo da taxa de erros. A variável entre-sujeitos Género não esteve também associada a qualquer efeito significativo [efeito principal: $F(1,139) = 1.355, p = .246$; menor nível de significância registado em interações de primeira ordem com os restantes factores: $p = .251$].

5.1.2.4 Efeitos da severidade do compromisso funcional no perfil dos erros: subgrupos PC

À semelhança da análise efectuada sobre os TR, foi examinada a relação entre o grau de severidade dos compromissos funcionais associados ao quadro de PC, avaliado pelas classificações GMFSC e MACS, e o comportamento dos erros em função da distância angular da letra à vertical. As mesmas considerações feitas anteriormente (ver secção “Efeitos da severidade do compromisso funcional no perfil dos erros: subgrupos PC”) sobre o efectivo mínimo em cada categoria de severidade ($n = 10$, correspondente a cerca de 15% do total da amostra PC nesta tarefa) determinaram, como atrás, a agregação dos níveis 3, 4 e 5 de MACS numa única categoria (3) e dos níveis 2 e 3, por um lado, e 4 e 5, por outro, da GMFSC em novas categorias 2 e 3. Os gráficos A e B da Figura 17 representam a evolução dos erros para cada uma dos subgrupos GMFSC (gráfico A) e MACS (gráfico B). A tendência para o aumento da taxa de erro em função do ângulo de rotação é observável em todos os subgrupos em qualquer dos gráficos. No gráfico A, os níveis da GMFSC correspondem a traçados virtualmente sobrepostos. Esta impressão é apoiada pela ANOVA mista associada, com Rotação e GMFSC como factores, respectivamente intra- e inter-sujeitos, que apenas revelou um efeito significativo da Rotação, $F(2.949, 194.658) = 17.539$ $p < .001$. No gráfico B, relativo à MACS, o nível de severidade 3 (o mais alto) apresenta taxas de erro consistentemente mais elevadas e a sugestão de um declive da curva superior ao do nível 1. A ANOVA associada revelou, de modo concordante, efeitos principais da Rotação, $F(2.921, 201.548) = 19.069$, $p < .001$, e da classificação MACS, $F(2, 66) = 4.68$ $p = .012$, mas não uma interacção Rotação \times MACS significativa, $F(5.842, 201.548) = 1.087$, $p = .371$, não suportando assim a sugestão de diferenças nos declives. O efeito principal de MACS localizou-se nas diferenças entre os níveis 1 e 3, por um lado ($p = .038$) e 2 e 3, por outro ($p = .024$), tal como revelado por testes de comparações aos pares com correcção de Bonferroni.

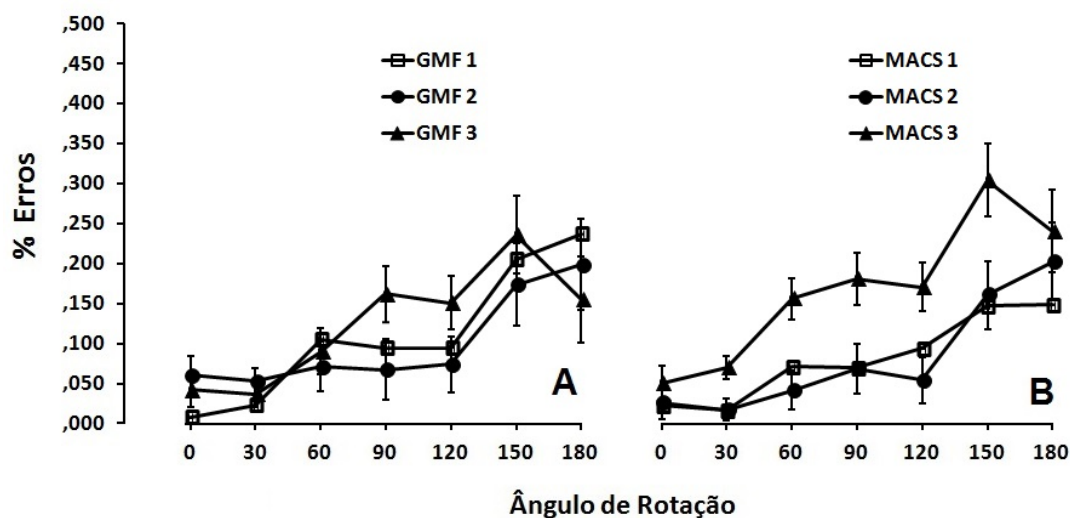


Figura 17. A: % Erros (em ordenada) em função do ângulo de rotação das letras (em abcissa) em cada um dos subgrupos GMFSC (parâmetro da curva). B: % Erros (em ordenada) em função do ângulo de rotação das letras (em abcissa) em cada um dos subgrupos MACS (parâmetro da curva). As barras de erro correspondem ao erro padrão da média.

Os níveis da classificação TAL, exprimindo a diferença clínica entre ataxia e espasticidade, por um lado, e a localização e número de membros afectados pela PC, por outro, foram igualmente comparados entre si. Dada a especificidade clínica da classificação, tal como no caso da análise dos seus efeitos no TR, não se procedeu à agregação de categorias entre si, apesar do reduzido efectivo ($n < 10$) de duas delas. A Figura 18 ilustra graficamente o comportamento das taxas de erro em função da disparidade angular em cada subgrupo TAL. Uma diferença global entre o subgrupo dos atáxicos (nível 1), no qual os erros virtualmente não sobem, e os restantes subgrupos é detectável. Quanto aos restantes níveis, entre os 30 e os 120° observa-se uma tendência para maiores percentagens de erro nos níveis mais altos (rompida apenas pelo subgrupo dos hemiplégicos à direita: nível 3), que se desvanece nos dois níveis mais elevados de desfase angular. A ANOVA mista associada revelou um efeito principal da Rotação, $F(3.140, 210.359) = 13.617, p < .001$, e uma interacção significativa Rotação \times TAL, $F(12.559, 210.359) = 1.946, p = .028$, exprimindo as diferenças de declive observáveis entre as curvas, em particular a correspondente ao nível 1 (atáxicos) e as dos restantes subgrupos. O efeito principal do factor entre-sujeitos TAL não atingiu o critério de significância estatística, $F(4,67) = 2.201, p = .078$.

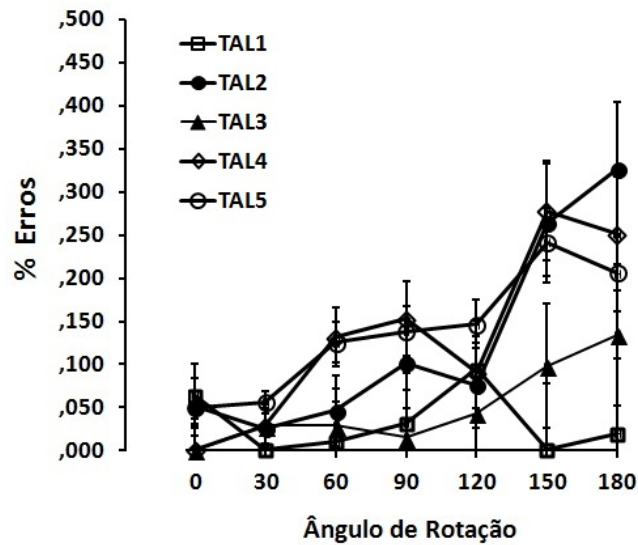


Figura 18. % Erros (em ordenada) em função do ângulo de rotação das letras (em abcissa) em cada um dos subgrupos TAL (parâmetro da curva). As barras de erro correspondem ao erro padrão da média.

Apesar de associada a um efeito principal significativo no grupo PC, $F(1,69) = 15.572$, $p < .001$, com maior percentagem de erros nas letras normais comparativamente às letras em espelho, a natureza das letras (normal *vs.* em espelho) não apresentou nunca interações significativas com qualquer das classificações (menor p observado = .119, na classificação MACS).

As indicações recolhidas da análise da taxa de erros apontam, assim, tal como as procedentes do exame dos TR, para a manutenção de um perfil de resultados qualitativamente semelhante entre os subgrupos (aumento da taxa de erro com o ângulo de rotação) com alguma evidência de dificuldade superior (elevação da taxa de erros) nos níveis de compromisso superiores, em particular no caso da classificação MACS e, no que refere às diferenças de declives manifestadas pela interação Rotação x Subgrupos, na classificação TAL.

5.1.3 DISCUSSÃO: ROTAÇÃO DE LETRAS

Os dados deste primeiro estudo (rotação no plano de letras 3D) replicaram no essencial os resultados do estudo anterior de Martins, Oliveira e Amorim (2005), revelando uma semelhança qualitativa dos padrões gráficos nos grupos Controlo e PC, com subidas aproximadamente lineares dos TR em função do ângulo de rotação das letras, e uma diferença quantitativa entre os grupos traduzida em TR consistentemente superiores, acompanhada de um declive mais acentuado, no grupo PC. O indicador característico do “efeito de rotação mental”, repetidamente documentado com diferentes tipos de estímulos (Johnston et al., 2004; Wexler et al., 1998), consiste, justamente, no aumento linear do TR com a extensão angular da rotação. Aceitando a interpretação corrente deste perfil cronométrico como revelador de um processo de rotação mental implícita, pode assim concluir-se que os participantes com PC, tal como os Controlo, recorreram a uma estratégia de rotação mental na resolução da tarefa. As diferenças quantitativas entre os grupos, no entanto, exprimem uma dificuldade acrescida da tarefa para os participantes com PC. Enquanto a componente desta diferença manifesta na elevação da ordenada de origem pode explicar-se por uma latência maior da resposta, devida directamente às dificuldades de controlo e execução motora características da PC, a ocorrência de um declive superior na elevação dos TR sugere, por sua vez, um impacto das limitações da motricidade na velocidade de transformação das imagens, isto é, uma lentificação da imaginaria. Na hipótese, largamente admitida, de que a imaginaria implicada na rotação de letras é de tipo visual (IV) ou visuoespacial, este resultado apontaria assim para um impacto geral das limitações da motricidade na imaginaria, não específico às modalidades de imaginaria quinestésica ou motora.

Diferentemente do estudo de Martins, Oliveira e Amorim (2006), que não documentou diferenças entre os grupos quanto à percentagem de erros cometidos (o complementar da precisão), a análise dos erros no presente estudo reforçou as conclusões fornecidas pelos TR. Um perfil similar de elevação da taxa de erros em valores superiores de rotação da letra foi observado em ambos grupos, com diferenças quantitativas importantes, traduzidas em taxas de erro consistentemente superiores no grupo PC, acompanhadas de um declive superior em função da extensão angular da rotação. A sugestão recolhida é assim, de novo, a do recurso a processos de resolução da tarefa semelhantes (em princípio, implementando uma estratégia de rotação mental implícita) nos dois grupos, no entanto com dificuldades acrescidas no grupo PC

exprimindo um impacto das limitações da actividade motora na IM.

As novas comparações, no interior do grupo PC, entre subgrupos de participantes definidos pelas duas classificações de severidade do compromisso funcional, GMFSC e MACS (a primeira mais global, a última dirigida à funcionalidade dos membros superiores), e pela classificação clínica e topográfica TAL, forneceram indicações consistentes com um aumento da dificuldade da tarefa nos níveis de compromisso mais severos. No caso dos TR, a classificação de severidade MACS (não a GMFSC) e a classificação clínica TAL estiveram associadas a diferenças significativas entre os subgrupos, com maiores valores de TR nos níveis superiores (excepção feita, na TAL, para o nível 3 dos hemiplégicos espásticos direitos, que apresentou valores similares aos atáxicos e aos participantes Controlo). No caso da percentagem de erros, apenas os subgrupos da classificação MACS apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si, com valores consistentemente superiores da percentagem de erros no nível 3 de severidade relativamente aos níveis 1 e 2 (a classificação TAL, no entanto, apresentou uma interacção significativa com a rotação, reflectindo ritmos superiores de crescimento do erro com a rotação nos participantes espásticos relativamente aos atáxicos).

Diferentemente da desigualdade sistemática de declives dos TR verificada entre os grupos Controlo e PC, indicativa de uma lentificação da IM nos participantes com PC, e apesar das sugestões gráficas de um aumento do declive dos tempos com os níveis de severidade da GMFSC e na TAL, não foi possível documentar estatisticamente um impacto do grau de compromisso funcional no declive dos TR. As diferenças de TR registadas entre subgrupos na MACS e na TAL exprimem, assim, um aumento da dificuldade da tarefa com o aumento dos constrangimentos funcionais, sem que seja possível afirmar que esta dificuldade acrescida envolva um efeito de lentificação da IM associado às limitações motoras. A circunstância de as diferenças significativas entre subgrupos surgirem associadas à classificação de severidade MACS, e não à GMFSC, sugere uma importância particular da função manual (mais do que da funcionalidade motora global) na determinação da maior ou menor facilidade de execução de rotações mentais de letras.

Apesar de compreenderem quadros de PC relativamente heterogéneos, os diferentes subgrupos apresentaram invariavelmente padrões de TR e de taxa de erros qualitativamente semelhantes entre si e consistentes com as assinaturas comportamentais da rotação mental de letras (TR proporcionais ao ângulo de rotação, erros crescentes com a distância angular da letra à vertical). Entre os diferentes subgrupos

considerados, os hemiplégicos direitos (classificação TAL) apresentaram tanto para os tempos como para os erros, um comportamento distintivo relativamente aos restantes subgrupos espásticos, exibindo valores de TR e de erro semelhantes aos dos participantes atáxicos e Controlo. Uma explicação possível residiria numa eventual primazia do hemisfério direito (ipsilateral ao membro afectado, neste subgrupo) na execução de tarefas de rotação mental. No entanto, tanto as questões de lateralização cerebral no quadro das rotações mentais implícitas, como as implicações de limitações tipológicas simétricas na PC (e.g., hemiplegia à direita *vs.* à esquerda) não dispõem ainda de respostas consensuais na literatura (Cohen et al., 1996; Denis, 1989; Peronnet & Farah, 1989). Adicionalmente, as dificuldades na caracterização da distribuição e extensão das lesões neurológicas dos participantes, obrigam a cautelas particulares no recurso a interpretações assentes na invocação de mecanismos cerebrais.

Convergindo com a evidência disponível sobre a importância do género em tarefas de rotação mental (Halpern et al., 2007; Monahan et al., 2008), que aponta para desempenhos superiores dos participantes masculinos, os participantes femininos apresentaram valores médios de TR mais elevados. No entanto, esta diferença só teve expressão estatística no grupo PC (não apresentando aí, todavia, caso, qualquer interacção com as classificações GMFSC, MACS e TAL). Já quanto à taxa de erros, a variável Género produziu um efeito principal significativo no grupo Controlo, favorável aos participantes femininos (menor percentagem de erro), mas sem interacção com a variável Rotação. No conjunto, a variável género não envolveu assim contributos relevantes para a caracterização comparativa dos grupos PC e Controlo, ou dos diferentes subgrupos participantes PC determinados pelas classificações GMFSC, MACS e TAL.

5.2 EXPERIÊNCIA 1.2 - ROTAÇÃO MENTAL DE MÃOS

Na experiência anterior (rotação de letras) observámos um crescimento do TR com o desfasamento angular da letra face à sua posição canónica, vertical. Este resultado constitui a assinatura típica do “efeito de rotação mental” de objectos externos, tendo sido encontrada tanto nos participantes com PC como Controlo. Como referido anteriormente, quando estão em jogo partes do corpo, os TR reflectem menos, tipicamente, o desfasamento angular relativamente a uma posição de partida, do que as diferenças de dificuldade biomecânica associadas aos trajectos seguidos na rotação do membro (Parsons, 1987). Esta circunstância tem sido interpretada como a assinatura característica do envolvimento de uma IM, mobilizando os mesmos processos de planeamento e execução motora que suportam a execução real do movimento das mãos (De Lange et al., 2008; Fiorio et al., 2006; Jeannerod, 1994; Munzert et al., 2009) – interpretação suportada adicionalmente por estudos de neuroimagem, que documentam um aumento de actividade na rede parieto-frontal, conhecida pelo seu contributo para o planeamento e execução dos movimentos da mão, neste tipo de tarefas (De Lange et al., 2006; Kosslyn et al., 1998; Parsons et al., 1998). A comparação entre participantes com PC e Controlo em tarefas de rotação de mãos, por um lado, e a comparação entre o desempenho dos participantes com PC em tarefas de rotação de mãos e de objectos, por outro, são por isso particularmente relevantes para investigar o grau em que limitações significativas da actividade, presentes desde o nascimento ou dos primeiros anos de vida, determinam um compromisso da imaginaria motora e, nessa eventualidade, sob que forma e com que extensão ou especificidade.

5.2.1 MÉTODO

Participantes

As experiências de rotação mental de mãos foram realizadas por todos os participantes do grupo A (48 PC, 49 Controlo). Todos os participantes preencheram um termo de consentimento informando-os de que eram livres de abandonar a situação experimental a qualquer momento, se assim o desejassem.

Estímulos

Fotografias de mãos, produzidas em laboratório fotográfico, envolvendo dois pontos de vista (PV) distintos, correspondendo a duas das perspectivas cardinais utilizadas por Parsons (1994) nas suas experiências (mão vertical com costas da mão no plano, ou PV1; mão em profundidade com visão da palma a partir do pulso, ou PV2: ver Figura 19). As mãos fotografadas corresponderam sempre a uma “mão direita”, tendo as “mãos esquerdas” sido obtidas através de uma inversão especular num editor gráfico, após remoção de todas as pistas visuais relativas à inserção da mão no pulso/ antebraço. As mãos representadas foram depois sujeitas a rotações em passos de 30°, entre os 0 e os 180°, segundo duas trajectórias: (1) trajectória medial, em direcção ao plano médio-sagital do corpo (plano que secciona o corpo em duas metades, esquerda e direita); (2) trajectória lateral, afastando-se do plano médio-sagital. As mãos do PV1 e PV2 ocupavam, respectivamente, 238 × 316 px e 292 × 245 px no ecrã, subentendendo cerca de 5.7° × 7.6° visual e 7.04° × 5.91° de ângulo visual.



Figura 19. Representações das mãos de referência, tomadas como origem das rotações. Apenas se apresentam as mãos direitas (mãos esquerdas obtidas por inversão na horizontal). As colunas correspondem aos dois pontos de vista adoptados.

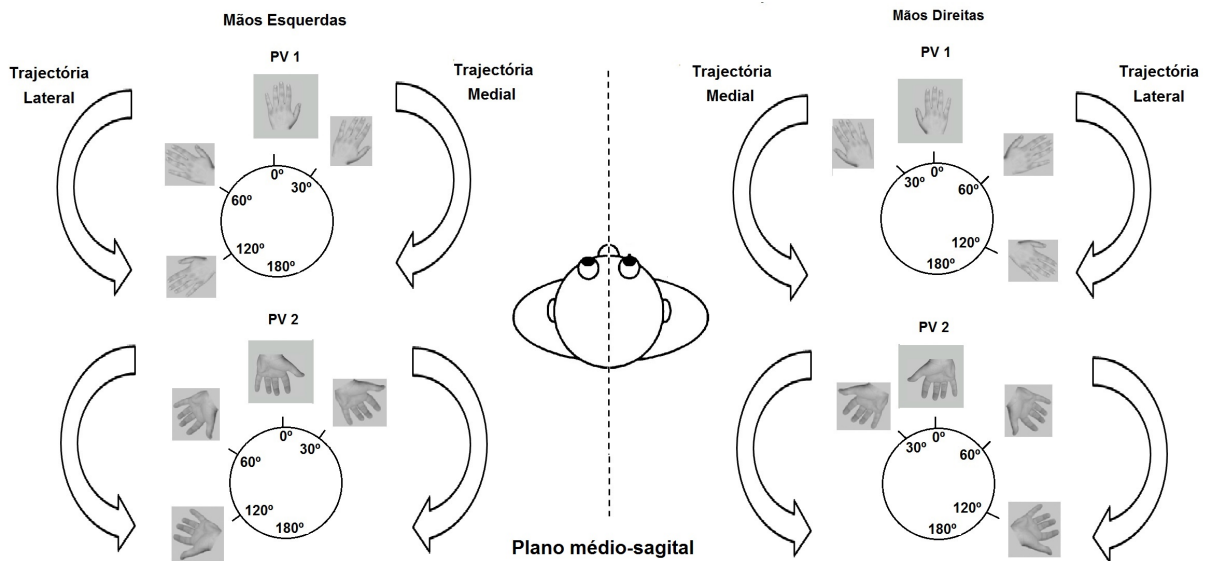


Figura 20. Representação esquemática dos estímulos utilizados na tarefa de rotação de mãos. Para efeitos de ilustração, estão representadas as mãos direitas (coluna da direita) e esquerdas (coluna da esquerda) com rotação medial de 30° e rotação lateral de 60 e 120 °. A secção a tracejado que divide em dois a figura central representa o plano médio-sagital.

Em função da estrutura anatómica dos membros superiores, as trajetórias mediais encontram-se, em geral, associadas a movimentos mais curtos, confortáveis e económicos, isto é, biomecanicamente e subjectivamente mais simples de executar do que os correspondentes a trajetórias laterais (Parsons, 1994). As diferenças de TR da rotação mental entre estes dois tipos de trajetórias, com TR tipicamente mais elevados na trajetória lateral, constitui, por isso, o indicador privilegiado de uma Imaginaria Motora (IMot) que incorpora na simulação mental do movimento da mão as mesmas propriedades biomecânicas que constroem o seu movimento real. As representações de mãos correspondentes aos 0 e 180° não apresentam nenhuma inclinação relativamente ao plano sagital, nem em direcção a ele nem em direcção contrária, sendo por isso neutras desse ponto de vista: nem mediais nem laterais.

Procedimento e desenho experimental

A Tarefa de rotação de mãos incluiu dois blocos, correspondentes aos dois pontos de vista (PV1: costas da mão no plano; PV2: palma da mão vista a partir do pulso) (ver Figura 20). Metade dos participantes iniciou a tarefa com o bloco PV1, a outra metade

com o bloco PV2. O procedimento geral foi o mesmo adoptado na experiência de rotação de letras, com excepção das instruções específicas relativas à resposta. Perante a fotografia de uma mão, apresentada no centro do ecrã, os participantes deveriam indicar o mais rapidamente possível se se tratava de uma mão direita ou esquerda (julgamento de lateralidade), premindo o botão direito ou esquerdo do rato, respectivamente. O TR foi registado em ms. Tal como na tarefa de rotação de letras, o desenho experimental foi de medidas repetidas. Todos os participantes passaram por todas as condições experimentais definidas por um plano factorial 7 (ângulo de rotação) x 2 (sentido da rotação: medial-lateral) x 2 (mão direita-mão esquerda) x 2 (replicações), num total de 56 ensaios em cada bloco. A variável PV por sua vez, foi, como indicado, manipulada através dos dois blocos.

5.2.2 RESULTADOS

5.2.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa dos TR

Tal como no caso da rotação de letras, a principal variável dependente utilizada na caracterização do desempenho em tarefas de rotação de mãos é o TR. Apenas os TR das respostas correctas, em ms, foram utilizados nas análises subsequentes.

A Figura 21 ilustra o perfil dos TR obtidos nas trajectórias laterais e mediais em cada grupo de participantes, PC e Controlo, separadamente para cada PV: PV1 (linha superior) e PV 2 (linha inferior). A comparação entre os traçados dos dois grupos (coluna da esquerda *vs.* coluna da direita) em cada um dos pontos de vista revela, em todos os casos, uma clara semelhança qualitativa dos padrões gráficos, por um lado, e diferenças quantitativas importantes entre os grupos, por outro. Para além de TR médios globais consistentemente superiores no grupo PC, as diferenças de TR entre as trajectórias laterais e mediais (separação vertical entre as curvas em cada gráfico) apresentam também valores muito superiores entre os participantes com PC em ambos os pontos de vista, associados a declives particularmente elevados das curvas correspondentes às trajectórias laterais. Na medida em que as diferenças de TR entre os dois tipos de trajectória (que designaremos doravante por DIFF), com latências de resposta superiores nos trajectos laterais, são tidas como a assinatura característica do

envolvimento da imaginaria motora na rotação de mãos, estes resultados indicam já que as limitações da actividade associadas à PC não comprometem a utilização da imaginaria motora, que se mantém qualitativamente intacta, como assinala ainda a semelhança qualitativa notada entre os perfis dos dois grupos. Os padrões gráficos observados nos dois grupos são essencialmente convergentes com aqueles documentados em Parsons (1994) com participantes TD.

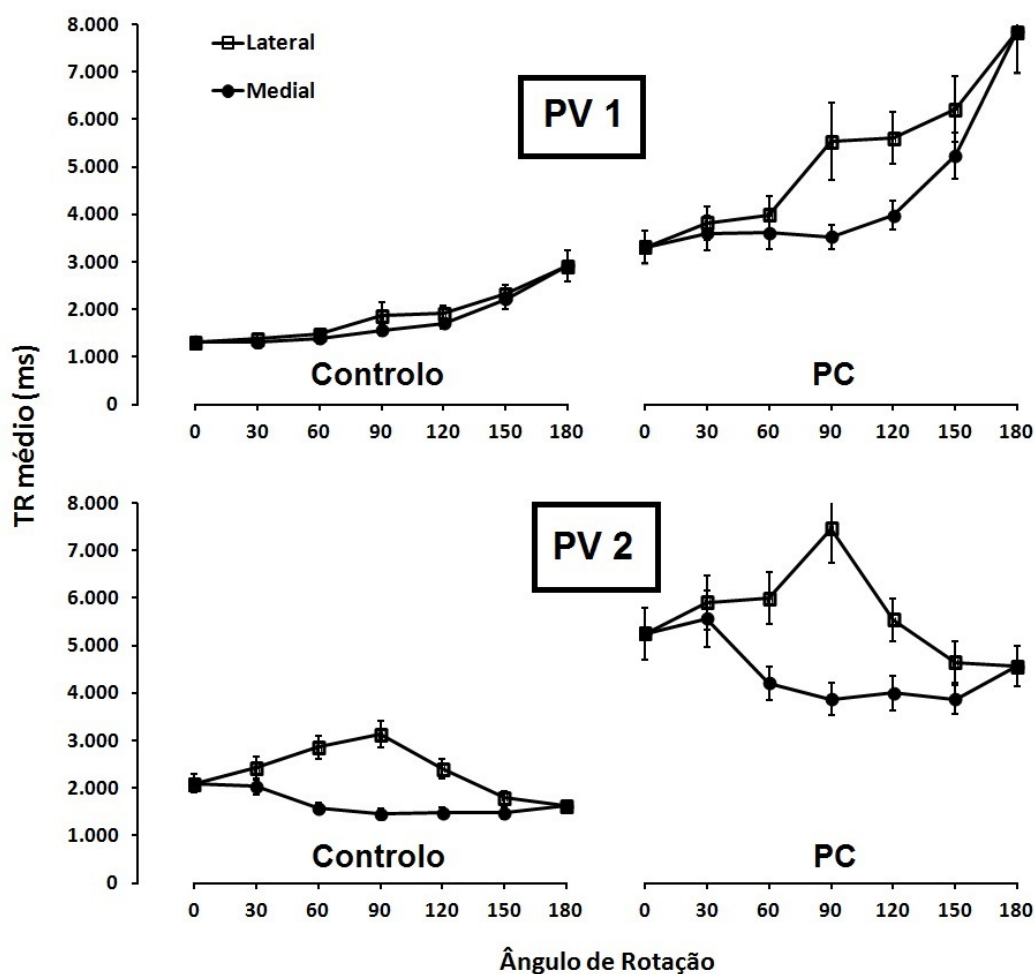


Figura 21. TR médios em função do ângulo de rotação das mãos (em abcissa) nos dois tipos de trajectos, lateral e medial (parâmetro da curva), em cada um dos grupos (Controlo e PC), separadamente para cada um dos pontos de vista sobre as mãos: PV 1: mão vertical, costas no plano; PV 2: mão em profundidade, palma vista do pulso. As barras de erro representam o erro padrão da média.

A comparação entre os gráficos correspondentes aos dois pontos de vista revela por sua vez, em ambos os grupos, uma tendência de elevação dos TR em função do ângulo de rotação com uma importante componente linear no PV 1 e uma tendência predominantemente quadrática (com um pico nos 90°) no PV 2. Estes resultados sugerem a maior afinidade do PV 1 com a rotação de letras no plano e, desse modo, uma possibilidade acrescida de recurso a uma imaginaria visuoespacial (IV) no caso da mão vertical.

A análise da Figura 21 é utilmente complementada pela inspecção da Figura 22, que apresenta os DIFF (diferenças de TR entre as trajectórias lateral e medial) calculados em cada um dos grupos, para cada valor de rotação, no PV 1 (esquerda) e no PV 2 (direita). Em ambos os pontos de vista se observa de novo a semelhança qualitativa dos traçados dos dois grupos e importantes diferenças quantitativas entre eles, com os DIFF dos participantes PC a apresentarem valores claramente superiores. Adicionalmente, a comparação entre os dois pontos de vista permite perceber, em ambos os grupos, uma elevação consistente dos DIFF no PV 2. Como assinalado antes, a presença de DIFF em ambos os grupos constitui, face à interpretação corrente das diferenças de TR entre trajectos, um indicador do recurso à IMot nas duas amostras de participantes. No entanto, a magnitude mais elevada dos DIFF entre os participantes PC não pode simplesmente interpretar-se como um recurso mais pronunciado à IMot (menos ainda como o indicador de uma melhor imaginaria motora), mas antes como reflectindo uma dificuldade acrescida na realização de movimento laterais relativamente aos mediais nos participantes PC (apesar de a proximidade dos DIFF ao valor 0 no grupo controlo para as mãos do PV 1, associado a uma marcada tendência linear do crescimento dos TR, ser consistente com um recurso importante à imaginaria visuoespacial).

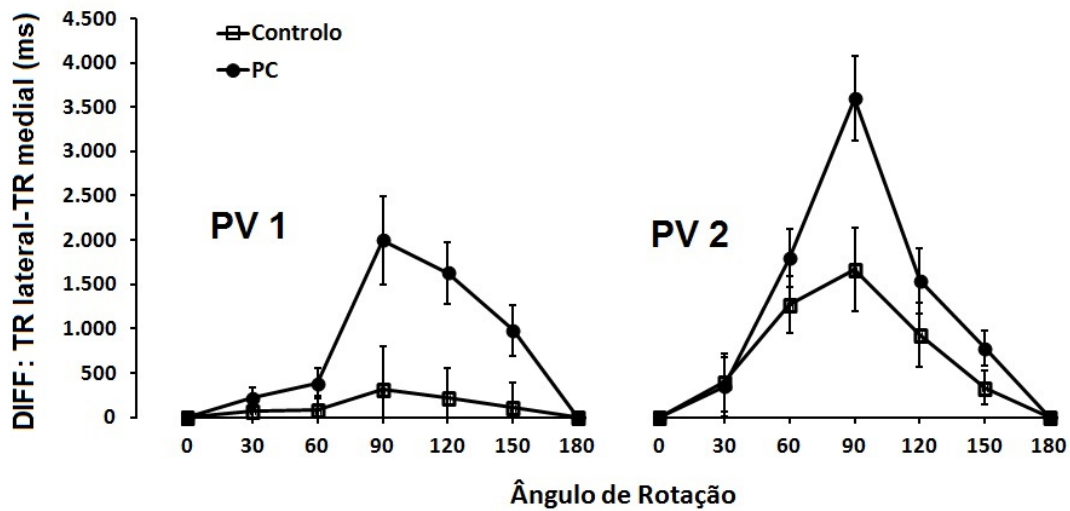


Figura 22. Diferenças de TR (ms) entre trajetos laterais e mediais ($\text{DIFF} = \text{TR}_{\text{lat}} - \text{TR}_{\text{med}}$) em função do ângulo de rotação da mão, em cada um dos grupos, Controlo e PC (parâmetro da curva), e para cada PV sobre a mão (PV 1, à esquerda, e PV 2, à direita). As barras de erro representam o erro padrão da média.

A análise estatística suportou as conclusões retiradas da análise dos gráficos. ANOVAS mistas realizadas em cada PV, com Rotação e Trajecto (lateral *vs.* medial) como factores intra-sujeitos e Grupo como factor entre-sujeitos documentaram um efeito principal do Grupo em ambos os pontos de vista: PV 1: $F(1,95) = 45.240, p < .001$; PV 2: $F(1,94) = 81.703, p < .001$, com latências de resposta superiores no grupo PC.

ANOVAS de medidas repetidas conduzidas separadamente em cada grupo revelaram um efeito principal do factor Rotação em ambos os pontos de vista. PV1: $F(1,535,48) = 26.649, p < .001$, no grupo Controlo; $F(2,001,47) = 26.327, p < .001$ no grupo PC. PV 2: $F(3,087,148.166) = 10.161, p < .001$, no grupo Controlo; $F(3,742,172.140) = 4.301, p < .003$, no grupo PC.

No PV 1, o factor Trajecto não apresentou efeitos significativos no grupo Controlo, $F(1,48) = 3.22, p = .063$. No grupo PC, esteve associado a um efeito principal significativo, $F(1,47) = 13.932, p = .001$, e a uma interacção Rotação \times Trajecto, $F(2,183,102.582) = 6.353, p = .002$, com componentes linear \times linear ($p = 0.004$), quadrática \times linear ($p = 0.002$) e cúbica \times linear ($p = .003$) significativas. No PV 2, a variável Trajecto produziu em ambos os grupos um efeito principal significativo, $F(1,48) = 55.239, p < .001$ e $F(1,46) = 51.647, p < .001$, respectivamente no grupo Controlo e PC, e uma interacção Rotação \times Trajecto, $F(3,143,150.864) = 26.350, p < .001$,

e $F(3,088,142.053) = 10.630, p < .001$. Em ambos os grupos, esta interacção esteve concentrada na sua componente quadrática \times linear ($p < .001$). A presença duma componente bilinear significativa da interacção no PV 1 e a sua ausência no PV 2 reflectem o contributo assinalado duma tendência linear geral para a evolução dos TR no PV 1.

ANOVAs mistas conduzidas sobre os valores de DIFF separadamente para cada PV confirmaram por sua vez, em ambos os casos, a existência de diferenças significativas entre os grupos: PV 1: $F(1,95) = 9.44, p = .003$; PV 2: $F(1,94) = 7.541, p = .007$. Sendo os DIFF calculados para os ângulos de rotação 0 e 180° (nem mediais nem laterais) necessariamente zero (0), não foram incluídos para efeitos de análise estatística. Quando examinado separadamente em cada grupo através de ANOVAs de medidas repetidas, o factor Rotação não apresentou um efeito significativo no grupo Controlo, $F(2,583,123.047) = .591, p = .598$. Em todos os restantes casos (grupo PC no PV 1, grupos Controlo e PC no PV 2), esteve associado a um efeito significativo sobre os DIFF (maior p observado = .008, registado no grupo PC no PV 1). ANOVAS conduzidas separadamente em cada grupo com PV e Rotação como factores intra-sujeitos suportaram em ambos os casos um aumento significativo dos valores de DIFF no PV 2, confirmando assim as indicações retiradas da inspecção da Figura 22: $F(1,48) = 34.419, p < .001$, no grupo Controlo; $F(1,46) = 4.939, p = .031$ no PV 2.

5.2.2.2 Efeitos da severidade do compromisso funcional nos TR: subgrupos PC

Tal como no caso da rotação de letras, procedeu-se à comparação de resultados entre subgrupos de participantes PC constituídos com base nas classificações GMFCS e MACS, e ainda na classificação clínica TAL. O mesmo critério que presidiu à agregação de alguns dos níveis MACS (3-5) e GMFCS (2-3 e 4-5) na análise da rotação de letras (mínimo de 15% do efectivo total da amostra em cada categoria) foi implementado, resultando na agregação desses mesmos níveis no caso da rotação de mãos (apesar do efectivo total mais reduzido de participantes PC = 48). Tal como anteriormente, dada a especificidade clínica da classificação TAL, mantiveram-se nesse caso as cinco categorias iniciais, apesar de duas delas apresentarem um efectivo inferior a sete participantes. A variável dependente utilizada foi o TR da trajectória lateral, a cujo aumento (e não a uma diminuição dos TR da trajectória lateral) se deve o aumento dos DIFF entre os grupos Controlo e PC, bem como entre o PV 1 e PV 2.

A Figura 23 apresenta os resultados obtidos nos subgrupos GMFCS (linha superior: gráficos A e B) e MACS (linha inferior: gráficos C e D) em cada um dos pontos de vista (PV 1, à esquerda: gráficos A e C; PV 2, à direita: gráficos B e D). A tendência para valores crescentes do TR com o nível de severidade é observável em todos os casos, acompanhando-se ainda, nos gráficos relativos ao PV 1, de uma sugestão de maiores declives (lentificação da transformação mental) nos dois níveis superiores de qualquer das classificações (comparativamente ao nível 1).

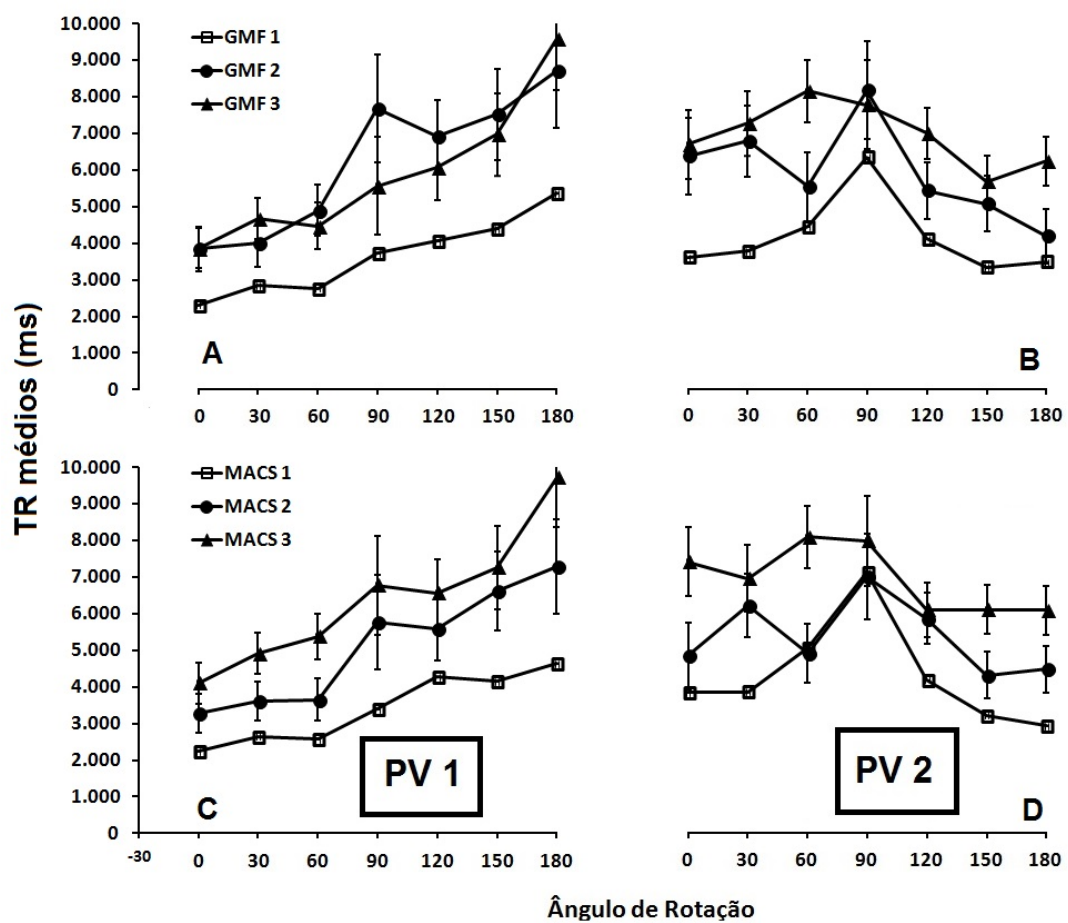


Figura 23. TR médios das trajectórias laterais em função do ângulo de rotação da mão (em abcissa) em cada um dos subgrupos GMFSC (gráficos A e B) e MACS (gráficos C e D) (níveis de severidade como parâmetro das curvas). Na coluna da esquerda apresentam-se os resultados obtidos no PV 1 (gráficos A e C), na coluna da direita os resultados obtidos no PV 2 (gráficos B e D). As barras de erro representam o erro padrão da média.

Nas ANOVAS mistas conduzidas para o PV 1, o factor entre-sujeitos MACS apresentou um efeito marginalmente significativo, $F(2,45) = 3.028, p = .058$, associado a um contraste linear significativo ($p = .018$), e o factor GMFCS um efeito não significativo, $F(2,45) = 2.809, p = .071$. Análises de comparações aos pares com correcção de Bonferroni entre os diferentes níveis de MACS localizaram a diferença marginalmente significativa documentada entre os níveis 1 e 3 de severidade. Em nenhum dos casos se verificou uma interacção significativa Rotação \times Subgrupo (MACS ou GMFCS) (menor p observado = .255, envolvendo a MACS), não sendo assim apoiada a sugestão de declives mais pronunciados das curvas nos níveis de severidade superiores. No PV 2, tanto a GMFCS como a MACS apresentaram efeitos significativos, respectivamente $F(2,45) = 4.870, p = .012$, e $F(2,45) = 3.490, p = .039$. Testes de comparações aos pares com correcções de Bonferroni conduzidos na sequência dos resultados significativos da ANOVA permitiram localizar as diferenças significativas entre os níveis 3 e 1 tanto no caso da GMFCS ($p = .10$) como da MACS ($p = .41$).

Na Figura 24 estão representados, por sua vez, os TR médios das trajectórias laterais para cada subgrupo TAL e em cada PV. Uma tendência clara para o acréscimo dos TR com níveis crescentes de TAL, associada a uma sugestão de declives superiores para as curvas dos níveis 4 e 5, é observável para o PV 1. Apesar de mais irregular, uma tendência similar para a elevação dos TR com os níveis de TAL é detectável no PV 2. Diferentemente do ocorrido na tarefa de rotação de letras, os hemiplégicos à direita (nível 3) não apresentam um perfil distintivo entre os diferentes subgrupos, enquadrando-se na tendência geral de crescimento dos TR com os níveis da TAL e apresentando valores genericamente similares aos dos hemiplégicos à esquerda. Este resultado contraria evidência reportada na literatura sobre a ausência de diferenças lateral-medial (DIFF), alegadamente indicativas de um comprometimento da IMot, em pessoas com hemiplegia espástica à direita (Mutsaerts et al., 2007).

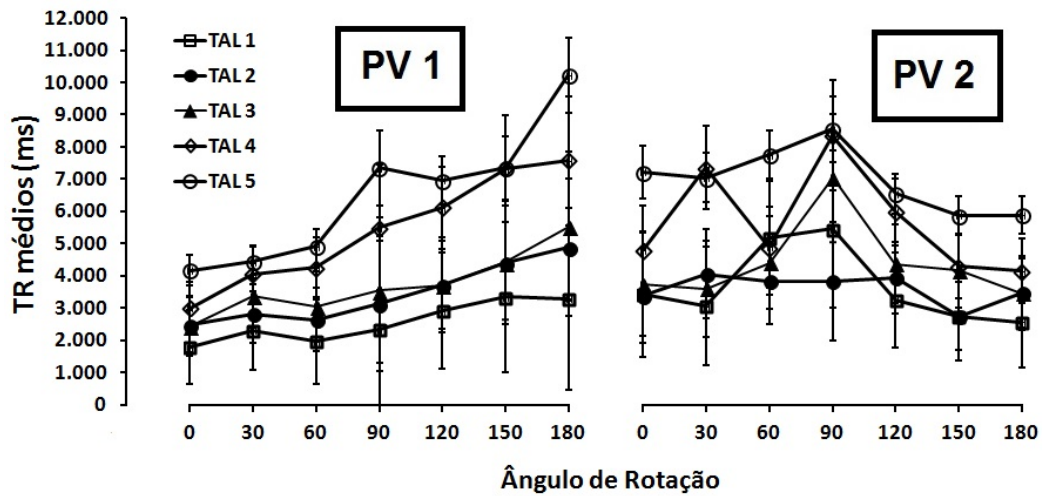


Figura 24. TR médios das trajectórias laterais em função do ângulo de rotação da mão (em abcissa) em cada um dos subgrupos TAL, representados separadamente para cada PV sobre a mão (PV 1, à esquerda, e PV 2, à direita). As barras de erro representam o erro padrão da média.

As ANOVAS associadas a cada PV revelaram, no PV 1, uma ausência de efeito principal do factor TAL, $F(4,43) = 2.284, p = .076$, e uma ausência de interacção Rotação \times TAL, $F(12.934,139.041) = .896, p = .569$. Este último resultado não corrobora, assim, a observação de declives mais acentuados nas curvas dos níveis 4 e 5. O factor TAL apresentou no entanto um contraste linear significativo ($p = .08$) que apoia a tendência assinalada de crescimentos dos TR com os níveis da classificação. No PV 2, TAL apresentou um efeito principal significativo, $F(4,43) = 3.505, p = .015$, associado também a um contraste linear significativo ($p = .008$). Testes subsequentes de comparações aos pares (com correcção de Bonferroni) mostraram a existência de uma diferença significativa entre os níveis 2 e 5 do factor.

Tomados no seu conjunto, as indicações procedentes dos gráficos e das ANOVAs conduzidas apontam para a existência de um efeito da severidade do compromisso funcional nas trajectórias laterais, traduzindo-se numa tendência para a elevação dos TR nos níveis mais altos de severidade. Enquanto a GMFCS apresentou efeitos sobretudo no PV 2, a MACS produziu contrastes lineares significativos em ambos os PV. Todas as classificações (de severidade e clínica) mostraram modular o TR no sentido indicado no PV 2. Relativamente às sugestões, nos gráficos correspondentes ao PV 1, de um declive mais acentuado das curvas correspondentes aos níveis mais altos de severidade,

a evidência é menos clara, não tendo sido corroborada por indicadores estatísticos em nenhuma das classificações.

5.2.2.3 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa dos erros

Tal como no caso da rotação de letras, a taxa de erros cometidos (o complementar da precisão) constitui uma segunda variável dependente com interesse para a caracterização das dificuldades encontradas no desempenho de tarefas de rotação de mãos. A percentagem de erros foi calculada para cada valor do ângulo de rotação e em cada trajectória (medial e lateral) de forma agregada através do tipo de mão (esquerda e direita). A Figura 25 ilustra o comportamento dos erros em função do ângulo de rotação em cada um dos grupos (Controlo à esquerda, PC à direita), distinguindo entre trajectos laterais e mediais e entre os dois pontos de vista sobre as mãos (PV 1 em cima, PV 2 em baixo). O paralelismo com os resultados obtidos com os TR é notório (cf. Figura 21). O dado geral de uma semelhança qualitativa entre os perfis dos dois grupos, acompanhado por diferenças quantitativas importantes, é de novo aparente. As diferenças quantitativas assinaladas dizem respeito tanto às percentagens médias de erro, consistentemente mais elevadas no grupo PC, como às diferenças entre as trajectórias laterais e mediais (DIFF erros), também claramente superiores no grupo PC e associadas a declives mais pronunciados das curvas das trajectórias laterais. O PV 1 é caracterizável nos dois grupos por uma marcada componente linear da tendência de elevação dos erros com o ângulo de rotação, predominando no PV 2 a tendência quadrática da curva correspondente ao trajecto lateral. Estes resultados sugerem a maior afinidade do PV 1 com a rotação de letras no plano e, desse modo, o potencial para um recurso acrescido à imaginaria visuoespacial no caso da mão vertical. À semelhança do que sucedera com os TR, os valores do erro são sistematicamente mais elevados no PV 2, tal como as diferenças entre trajectórias, apontando para uma maior dificuldade da rotação e um maior impacto dos constrangimentos biomecânicos associados aos dois tipos de trajectórias.

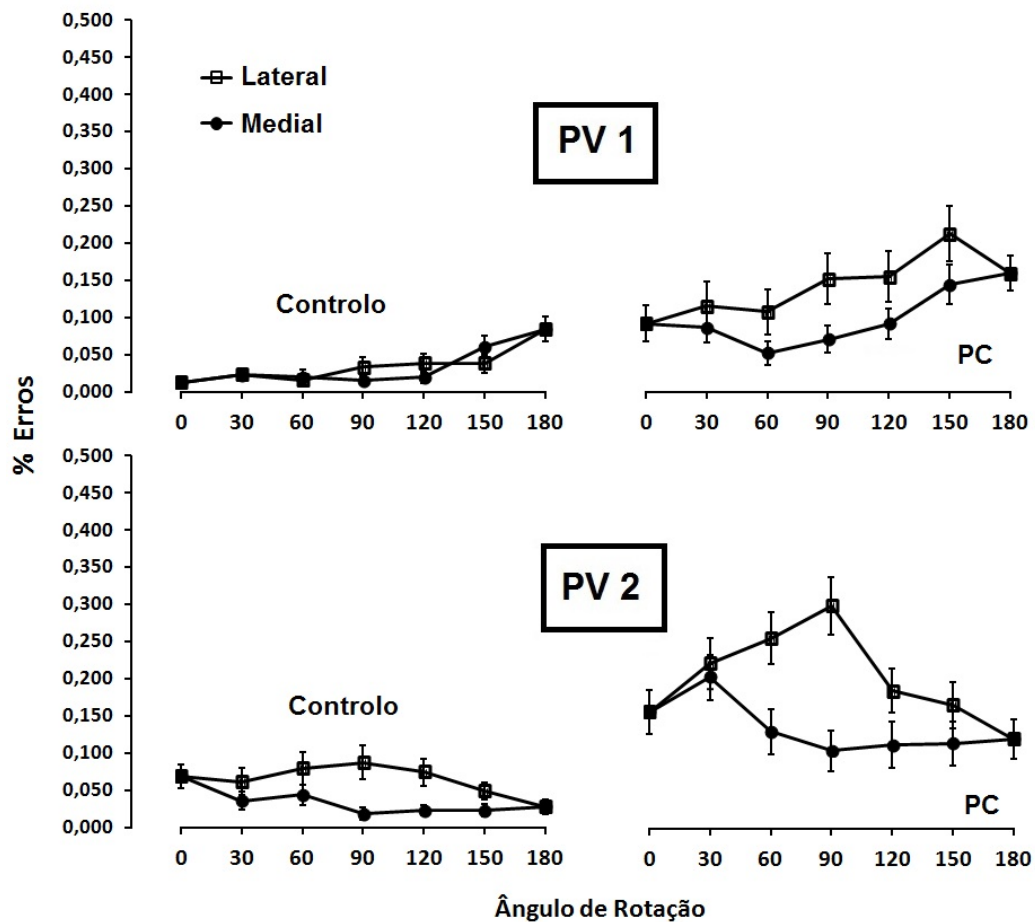


Figura 25. Percentagem de erros em função do ângulo de rotação das mãos (em abcissa) nos dois tipos de trajetectos, lateral e medial (parâmetro da curva), em cada um dos grupos (Controlo e PC), separadamente para cada um dos pontos de vista sobre as mãos, PV e PV 2. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Os gráficos apresentados na Figura 26, relativos às diferenças entre trajetórias laterais e mediais (DIFF) em cada um dos pontos de vista e com Grupo (Controlo *vs.* PC) como parâmetro das curvas, ilustram directamente a semelhança qualitativa do comportamento dos DIFF em ambos os grupos e as diferenças de magnitude entre os grupos (maiores DIFF entre os participantes PC) e pontos de vista (maiores DIFF no PV 2). Como observado antes com os TR, os DIFF relativos às taxas de erro encontram-se próximos de zero (0) no grupo Controlo no PV 1, reforçando a possibilidade de um recurso importante a uma imaginaria visuoespacial e não tanto motora neste PV (no entanto, a tendência de elevação dos DIFF nos 90 e 120° coincide largamente com a zona de maiores valores do DIFF no grupo PC).

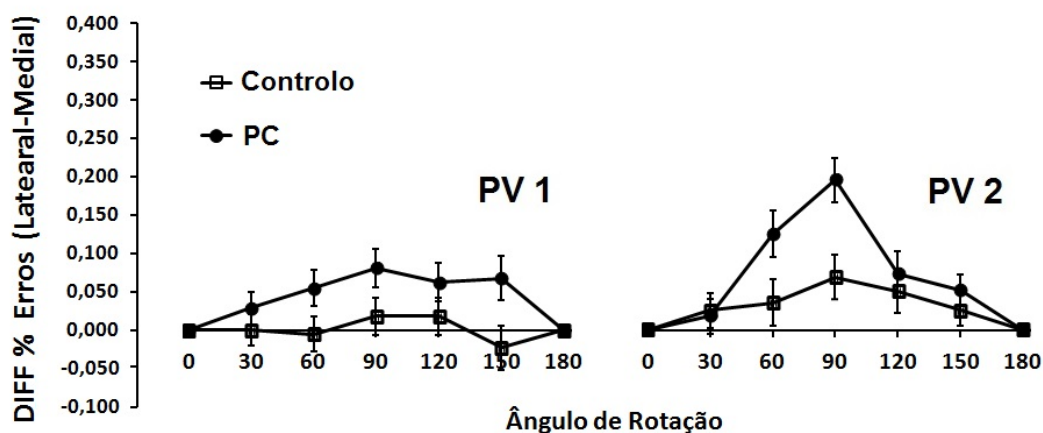


Figura 26. Diferenças na percentagem de erros entre trajetórias laterais e mediais (DIFF) em função do ângulo de rotação da mão nos grupos Controlo e PC (parâmetro da curva), representadas separadamente para cada PV sobre a mão (PV 1, à esquerda, e PV 2, à direita). As barras de erro representam o erro padrão da média.

Uma diferença significativa entre a taxa de erros dos dois grupos, com valores mais elevados no grupo PC, foi encontrada em ANOVAS mistas realizadas para cada PV, confirmando as indicações dos gráficos: PV 1: $F(1,95) = 17.954, p < .001$; PV 2: $F(1,94) = 24.266, p < .001$.

Com excepção do grupo Controlo no PV 2, onde não produziu efeitos na taxa de erros, $F(3.897,187.068) = 1.703, p = .153$, o factor Rotação esteve associado a efeitos principais significativos nos restantes casos (menor F e maior p , observados no grupo PC para o PV 2: $F(3.560,167.333) = 4.513, p = .003$). No PV 2 (grupo PC), este efeito esteve associado a contraste lineares ($p = .03$), quadráticos ($p = .03$) e cúbicos ($p = .01$) significativos. No PV 1, apresentou por sua vez um contraste linear altamente significativo ($p < .001$) nos dois grupos (exclusivo no caso do grupo PC, acompanhado de uma componente quadrática significativa no grupo Controlo), um resultado que sublinha a tendência de crescimento linear dos erros no PV 1.

O efeito da variável Trajecto não teve expressão estatística no grupo Controlo no PV 1, $F(1,48) = .029, p = .866$. Em todos os restantes casos, apresentou um efeito principal significativo (menor p observado = $.033$, registado no grupo PC no PV 1) e uma interacção significativa Rotação \times Trajecto (menor p observado = $.026$, também no grupo PC no PV 1), concentrada em todos os casos na componente quadrática \times linear.

A diferença entre pontos de vista sobre as mãos foi significativa no grupo PC, com percentagens de erro superiores no PV 2, $F(1,47) = 5.990, p = .018$, e marginalmente

significativa ($p < .10$) no grupo Controlo, $F(1,48) = 3.531, p = .066$, de novo com um valor médio do erro superior no PV 2. Uma interacção PV \times Rotação foi também documentada em ambos os grupos ($p < .001$), que assinala o perfil diferenciado do efeito da Rotação em cada PV.

A análise dos DIFF em ANOVAS mistas separadas para cada PV confirmou a existência de diferenças entre os grupos, com valores de DIFF superiores entre os participantes PC: [PV 1: $F(1,95) = 4.174, p = .044$; PV 2: $F(1,95) = 4.511, p = .036$]. Nas ANOVAS conduzidas separadamente por grupos e pontos de vista, o factor Rotação apresentou efeitos significativos no grupo Controlo, no PV 1, $F(3.548,170.310) = 2.525, p = .049$, e no grupo PC, no PV 2, $F(3.552,166.959) = 6.428, p < .001$. Nos dois casos restantes, o efeito do ângulo de rotação nos DIFF relativos ao erro não teve expressão estatística. A existência de diferenças significativas entre pontos de vista, com valores superiores de DIFF no PV 2, foi documentada no grupo Controlo por uma ANOVA de medidas repetidas com PV e Rotação como factores intra-sujeitos, confirmando assim a sugestão do gráfico, $F(1,48) = 9.969, p = .003$. No grupo PC, esta diferença, que apresentou o mesmo sentido, não atingiu a significância estatística, $F(1,47) = 1.229, p = .273$.

5.2.2.4 Efeitos da severidade do compromisso funcional no perfil dos erros: subgrupos PC

O impacto da severidade dos compromissos funcionais determinados pela PC nas taxas de erro foi igualmente examinado através de comparações entre os subgrupos GMFCS e MACS, complementadas pela comparação entre os subgrupos resultantes da classificação clínica TAL. Como no caso dos TR, os valores de erro utilizados para esta análise referem-se unicamente aos trajectos laterais, que reflectem a maior dificuldade biomecânica na execução do movimento e cuja elevação é responsável, em primeiro lugar, pelo aumento dos valores de DIFF nos participantes PC relativamente aos participantes Controlo, e no PV 2 relativamente ao PV 1. A mesma estratégia de agregação entre subgrupos MACS ou GMFCS com efectivo inferior a 7, adoptada na análise dos TR, foi seguida na comparação entre taxas de erro.

A Figura 27 apresenta a evolução das taxas de erro em função do ângulo de rotação nos subgrupos GMFSC (gráficos A e B) e MACS (gráficos C e D) em cada um dos pontos de vista (PV 1: gráficos A e C; PV 2: gráficos B e D). Todos os gráficos ilustram

uma tendência para maiores taxas de erro nos níveis de severidade mais altos, com uma diferenciação mais clara na classificação MACS. Também na classificação MACS, as curvas correspondentes ao nível de severidade mais elevado envolvem a sugestão de declives aumentados (no caso do PV 2, entre os 30° e os 150°, por um lado, e o pico correspondente aos 90°).

As análises estatísticas associadas consistiram em ANOVAS mistas realizadas em cada um dos pontos de vista sobre as mãos, com Rotação e Classificação de Severidade (GMFCS ou MACS) como factores intra e inter-sujeitos, respectivamente. GMFCS não apresentou efeitos significativos em qualquer dos pontos de vista: PV 1: $F(2,45) = 2.391$, $p = .103$, $p = .003$; PV 2: $F(2,45) = .975$, $p = .385$. Evidenciou no entanto, no PV 1, um contraste linear significativo ($p = .036$), consistente com a tendência gráfica para um aumento da taxa de erro com os níveis de severidade. MACS, por sua vez, produziu efeitos principais significativos em ambos os pontos de vista: PV 1: $F(2,45) = 8.586$, $p = .003$; PV 2: $F(2,45) = 3.785$, $p = .03$. Testes de comparações aos pares com correcção de Bonferroni identificaram diferenças significativas entre os níveis de severidade 1 e 3 ($p = .003$), por um lado, e 2 e 3 ($p = .003$), por outro, no PV 1. No PV 2, a única diferença significativa entre níveis de severidade foi localizada entre os níveis 1 e 3 ($p = .028$). Nenhuma interacção Rotação \times MACS foi documentada, não existindo assim suporte estatístico para a sugestão de um declive aumentado no nível de severidade mais alto da MACS.

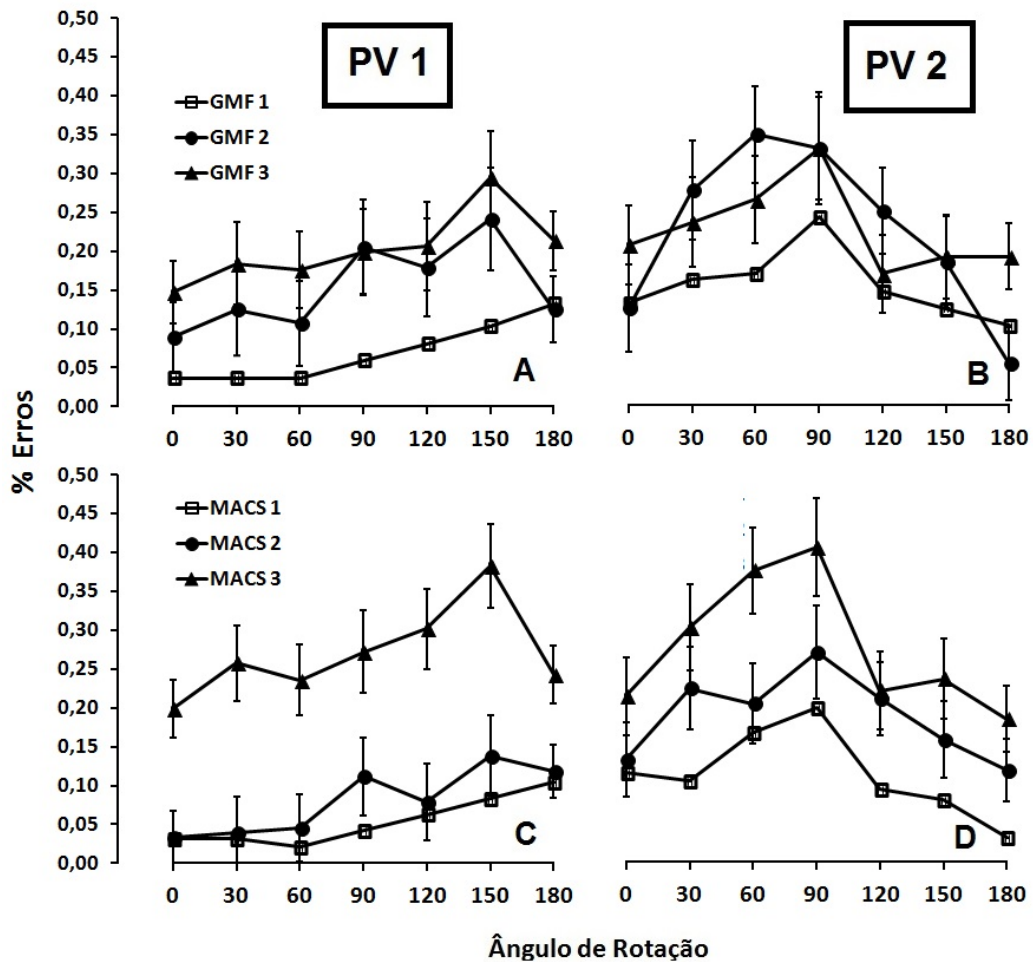


Figura 27. Percentagem de erros nos trajectos laterais em função do ângulo de rotação da mão (em abcissa) em cada um dos subgrupos GMFSC (gráficos A e B) e MACS (gráficos C e D) (níveis de severidade como parâmetro das curvas). Na coluna da esquerda, apresentam-se os resultados obtidos no PV 1 (gráficos A e C), na coluna da direita os resultados obtidos no PV 2 (gráficos B e D). As barras de erro representam o erro padrão da média.

A Figura 28 apresenta por sua vez as taxas médias de erro nas trajectórias laterais em cada um dos subgrupos da classificação clínica TAL, separadamente para cada PV (PV 1 à esquerda, PV 2 à direita). No PV 1 é apenas detectável uma tendência para que o nível 5 da TAL (correspondente à quadriplegia espástica e, por conseguinte, ao quadro com maior número de membros afectados) apresente taxas de erro acima dos restantes, cujos traçados se sobrepõem largamente. No PV 2 pode observar-se a mesma tendência para uma superioridade dos valores do erro no nível 5, acompanhada agora

da sugestão de uma distinção entre os níveis 2 e 4 (curvas virtualmente sobrepostas) e o nível 1 (correspondente aos atáxicos), ocupando o nível 3 (hemiplégicos direitos) uma posição intermédia entre estes.

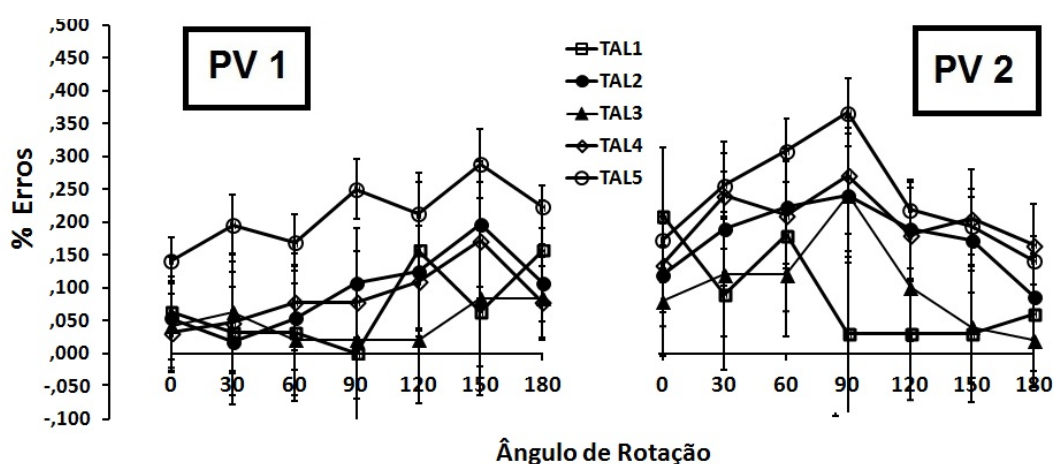


Figura 28. Percentagem de erros nas trajetórias laterais em função do ângulo de rotação da mão (em abcissa) em cada um dos subgrupos TAL, representados separadamente para cada PV sobre a mão (PV 1, à esquerda, e PV 2, à direita). As barras de erro representam o erro padrão da média.

A análise estatística não revelou quaisquer efeitos da TAL, principais (maior F e menor p observado: $F(4,43) = 1.757$, $p = .155$), ou relativos à interação com o factor Rotação (maior F e menor p observado: $F(16.861,181.253) = .666$, $p = .862$). Diferentemente das classificações de severidade, e em particular da MACS, a classificação TAL apenas forneceu assim leves sugestões gráficas quanto à modulação da taxa de erros pelos subgrupos clínicos, sem qualquer apoio na análise estatística.

Tal como em todos os casos anteriores, a classificação MACS forneceu a melhor evidência conjunta (gráfica e estatística) de um impacto negativo da severidade das limitações da actividade na execução da rotação mental de mãos.

5.2.3 DISCUSSÃO: ROTAÇÃO DE MÃOS

A análise dos TR e das percentagens de erro convergiram na caracterização comparativa do desempenho dos participantes Controlo e PC na tarefa de rotação de mãos, revelando uma semelhança qualitativa dos perfis de resultados dos dois grupos em ambos os pontos de vista (mão vertical com costas no plano; palma vista do pulso), associadas a importantes diferenças quantitativas. Ambos os grupos apresentaram diferenças entre as trajectórias laterais e mediais no sentido esperado (valores de TR e de erro mais elevados nas trajectórias laterais) em ambos os pontos de vista, apesar de não atingirem o critério estatístico de significância no grupo Controlo no PV 1 (no entanto, o paralelismo com os resultados do grupo PC é aparente nos DIFF).

No caso da variável dependente TR, as diferenças lateral-medial, aqui designadas DIFF, constituem a assinatura típica do envolvimento da IMot, entendida como a mobilização activa dos recursos subjacentes à execução real de um movimento pela simulação mental desse movimento (Jeannerod, 2001; Parsons, 1987). Dados os maiores estrangimentos biomecânicos das rotações laterais da mão, a ocorrência de TR superiores na simulação mental implícita dos trajectos laterais reflecte justamente a estrutura dos condicionamentos que afectam a rotação física da mão (Parsons, 1987). Neste sentido, os resultados encontrados com os TR documentam a capacidade de os participantes PC para, tal como os Controlo, utilizarem a IM na resolução de tarefas de rotação de mãos. Adicionalmente, a convergência qualitativa dos padrões dos TR nos dois grupos, bem como a sua convergência com os dados de estudos anteriores realizados com participantes TD (Parsons, 1987, 1994; Sekyama, 1982) apoia a ideia de uma fenomenologia implícita da acção motora intacta nos participantes com PC. A manutenção de uma representação “adequada” dos estrangimentos de um movimento em situações em que o movimento não pôde nunca ser efectuado (como no caso extremo da ausência do membro effector) em sido reportada em alguns estudos (Funk & Brugger, 2008), levando alguns autores a questionar por isso mesmo a sua origem motora (Vannuscorps, Pillon, & Andres, 2012). Uma hipótese plausível, após a descoberta do sistema de neurónios espelho (Rizzolatti, 2005) e o estabelecimento do envolvimento das áreas motoras na observação do movimento (Grèzes & Decety, 2001), é a de que a constituição de uma representação implícita “adequada” dos estrangimentos biomecânicos possa depender não apenas da acção executada como também da observação da acção. Enquanto a presença de diferenças entre os TR laterais e

mediais constitui um indicador do envolvimento da IM, os valores significativamente superiores de DIFF no grupo PC devem plausivelmente interpretar-se, não como um recurso mais intenso à IM, mas como a expressão de dificuldades acrescidas na realização do movimento, em particular segundo um trajecto lateral, entre os participantes PC.

A circunstância de a taxa de erros, quando utilizada como variável dependente, dar lugar ao mesmo padrão de resultados que os TR, requer algumas considerações. A semelhança entre os perfis do tempo da execução física da rotação de mãos e do tempo registado em julgamentos de lateralidade sobre mãos rodadas (Parsons, 1994) constitui um forte argumento em favor da incorporação das propriedades cinemáticas e temporais do movimento na sua simulação implícita. No entanto, daqui não resultam previsões claras quanto aos erros, tendo em conta em particular que os TR utilizados se referem a respostas corretas e que a execução de rotações reais é, regra geral, bem-sucedida para efeitos práticos (tempos mais longos não implicam maior risco de fracasso da execução). Os resultados obtidos a partir da taxa de erros constituem, assim, um índice distinto de dificuldade, baseado no sucesso ou qualidade da rotação mental. A eventualidade de esta taxa de erro ser determinada pela situação de pressão temporal (responder o mais rapidamente possível) e, nesse quadro, por uma negociação (trade-off) entre a precisão e a rapidez da resposta, é plausível, o que, por si só, tornaria as rotações mais demoradas (e.g., laterais, e com ângulos de rotação anatomicamente mais estrangidos) mais vulneráveis ao erro, determinando um alinhamento entre os resultados dos TR e da percentagem de erros. Quaisquer que sejam os mecanismos subjacentes ao “erro” e à evolução dos TR, é legítimo concluir que os participantes com PC experimentam, apesar da semelhança qualitativa dos resultados entre os grupos, uma dificuldade significativamente superior na realização da rotação mental implícita de mãos comparativamente aos Controlo e, dessa forma, em favor de um impacto claro das limitações da actividade na simulação mental do movimento.

As diferenças verificadas entre o PV 1 (mão vertical, costas no plano) e PV 2 (palma da mão vista do pulso) foram, igualmente, consistentes entre os dois grupos, e convergentes nas análises conduzidas com cada uma das variáveis dependentes (TR e taxa de erros). Os participantes nos dois grupos evidenciaram maiores dificuldades na execução da rotação mental no PV 2, indexadas por TR e percentagens de erros superiores. Os DIFF, calculados quer para os TR quer para os erros, foram também superiores no PV 2 em ambos os grupos (apesar de, no caso dos erros, a diferença só ter expressão estatística no grupo Controlo), indicando uma maior dificuldade comparativa

das trajetórias laterais neste PV. O PV 1 apresentou por sua vez, em ambos os grupos, uma forte componente linear da elevação dos tempos em função do ângulo de rotação, aproximando-se assim dos resultados obtidos com a rotação mental de letras (objectos externos, num contexto primariamente allocêntrico). A possibilidade de que diferentes pontos de vista sobre as mãos favoreçam diferencialmente o envolvimento da IV e da IM tem já sido sugerida com base em evidência disponível (Steenbergen et al., 2007), podendo, assim, admitir-se uma maior intervenção da IV na rotação de mãos no PV 1. Esta possibilidade é reforçada sobretudo no grupo Controlo pela reduzida expressão dos DIFF (assinatura do envolvimento da IM), tanto nos TR como na taxa de erro.

A análise do impacto dos níveis de severidade do compromisso funcional determinado pela PC revelou uma tendência para maiores TR e maiores taxas de erro nos níveis de severidade superiores. Para além do impacto das limitações da actividade na rotação mental de mãos, assinalada pelas diferenças entre os grupos Controlo e PC, o grau de severidade das limitações funcionais parece assim afectar, igualmente, a execução da tarefa e, por consequência, a IM, na medida em que esta subjaza, efectivamente, aos julgamentos de lateralidade. Tal como sucedera já com a rotação de letras, a classificação de severidade MACS, que avalia o compromisso funcional dos membros superiores, produziu a melhor diferenciação de resultados entre subgrupos de participante em ambos os pontos de vista, e com ambas as variáveis dependentes (TR e taxa de erros). Pode neste sentido conjecturar-se que a função manual (envolvendo a coordenação bimanual) detém uma importância particular tanto nas tarefas de rotação de mãos como de objectos, sugerindo, no caso dos participantes PC, um envolvimento dos esquemas de acção manual sobre os objectos na simulação implícita da sua rotação no espaço.

Contrariamente ao que se verificou na tarefa de rotação de letras, na qual os hemiplégicos direitos apresentaram, em contraste com os restantes subgrupos espásticos, um perfil de resultados semelhante ao dos participantes Controlo e do subgrupo atáxico, nenhum padrão distintivo de resultados esteve associado a esta categoria da classificação clínica TAL. Estes resultados são contrários, por um lado, a evidência anterior apontando para um comprometimento da IM neste tipo de população (Mutsaerts et al., 2007; Van Elk et. al., 2010) e apoiam, por outro lado, uma diferença de natureza entre os dois tipos de tarefa (rotação allocentrada de letras e egocentrada de mãos), reflectida na diferença do padrão de resultados fornecidos pelos hemiplégicos direitos. Entre as conjecturas explicativas para esta diferença pode considerar-se, por exemplo, a hipótese de uma importância particular do hemisfério direito (ipsilateral relativamente

ao membro afectado no caso dos hemiplégicos direitos) em tarefas de rotação de letras, apelando primariamente à imaginaria visuoespacial (Corbalis, 1997; Hahn, Jansen, & Heil, 2010; Milivojevic, Johnson, Hamm, & Corbalis, 2003; ver, no entanto, contra esta hipótese, Cohen & Polisch, 1989).

Apesar de uma leve tendência para valores de TR e de erro superiores nos participantes femininos, a variável Género não se mostrou relevante para a caracterização do perfil de resultados na rotação de mãos, não apresentando efeitos principais significativos em nenhuma das variáveis dependentes em qualquer dos Grupos ou Pontos de Vista (menor p observado = .215, nos TR do grupo Controlo no PV 1). O mesmo sucedeu, no essencial, com os DIFF (diferenças lateral-medial). No caso dos DIFF relativos aos erros, não foram documentados efeitos significativos do Género em qualquer dos grupos e pontos de vista. Nos DIFF calculados a partir dos TR, apenas o grupo PC, no PV 2, revelou um efeito significativo do Género, com valores superiores nos participantes masculinos, $F(1,45) = 9.256$, $p = .004$, e sem evidência de interacção com o factor Rotação. Não se registaram igualmente quaisquer interacções entre a variável Género e os efeitos das classificações MACS, GMFCS ou TAL.

A diferença entre mãos direitas e esquerdas produziu efeitos significativo nos TR médios do grupo Controlo, com latências mais elevadas nos julgamentos de mãos esquerdas no PV 1 ($p = .048$) e na avaliação de mão direitas no PV 2 ($p = .002$). O grupo PC apresentou diferenças com o mesmo sentido, mas que não atingiram o critério da significância estatística em nenhum dos pontos de vista ($p = .125$ e $p = .109$, respectivamente). Quando considerados os subgrupos TAL, o sentido destas diferenças inverteu-se, no PV 1, nos dois subgrupos de hemiplégicos (esquerdos e direitos), que apresentaram TR inferiores para mãos esquerdas, contrariando assim a tendência geral nesse PV. Esta inversão não teve expressão estatística em nenhum dos subgrupos, o que não surpreende face ao reduzido número de participantes ($n = 7$ nos hemiplégicos esquerdos, $n = 6$ nos hemiplégicos direitos). O facto de ocorrer na mesma direcção nos dois subgrupos parece contudo suficiente para excluir a existência de diferenças entre hemiplégicos em função da localização esquerda ou direita dos membros afectados. No PV 2, apenas os hemiplégicos direitos apresentaram uma inversão da tendência geral verificada nesse PV, produzindo TR médios inferiores na avaliação de mãos direitas. Esta diferença foi estatisticamente significativa, $F(1,5) = 146.006$, $p < .001$, e mesmo a única diferença significativa devida ao factor Mão Direita - Mão Esquerda registada nos subgrupos clínicos. A sua direcção, favorável à mão direita, é, no entanto, contrária

à que poderia antecipar-se face à localização (direita) dos membros afectados neste quadro (cf. Nico et al., 2003; Funk & Brugger, 2008; Funk, Shiffar, & Brugger, 2005). Não foram documentados quaisquer efeitos significativos do factor Mão Direita – Mão Esquerda nas percentagens de erro. No conjunto, as indicações recolhidas quanto ao efeito da lateralidade da mão apresentada estão longe de possibilitar uma visão consistente sobre a sua eventual importância e modo de funcionamento.

5.2.4 IMAGINARIA VISUAL E IMAGINARIA MOTORA: CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES

Admitindo o envolvimento preferencial de uma IV, assinalada pelo “efeito de rotação mental” (Johnston et al., 2004) na tarefa de rotação de letras, e de uma IMot, assinalada pelo efeito MOLA (*Medial Over Lateral Advantage*; Vannuscorps, 2012), nas tarefas de rotação de mãos, pode colocar-se a questão do modo de relação entre as duas modalidades de IM (Wolbers et al., 2003). Como indicado antes, esse é o objecto de um debate entre partidários da tese de dissociação, segundo a qual a IV e a IMot envolvem processos e recursos independentes (Sirigu & Duhamel, 2001), e da tese de uma origem comum, segundo a qual a IV procede originariamente da acção motora exercida sobre os objectos (Wexler et al., 1998; Wholschläger & Wholschläger, 1998), apoiada também por Johnston et al., 2004 e Wohlschlager e Wohlschlager (1998). Os resultados reportados e discutidos, até agora, no capítulo favorecem a segunda destas hipóteses, sugerindo uma lentificação geral da imaginaria, não limitada à IMot, em consequências das limitações da actividade associadas à PC.

Uma via para a investigação da relação entre IV e IMot, e da hipótese associada de uma lentificação geral da IM devida à PC, consiste no exame das correlações entre índices cronométricos deriváveis dos dois tipos de tarefas. O declive da tendência linear de elevação dos TR na tarefa de rotação mental de letras constitui um indicador da velocidade (mais exactamente, da lentidão) da rotação mental, expresso em ms/°, e é, nesse sentido, um índice cronométrico importante para a caracterização da IM nessa tarefa. Calculado individualmente para cada participante, fornece uma distribuição dos valores de velocidade de rotação, correlacionável com distribuições equivalentes de indicadores derivados nas tarefas de rotação de mãos. A análise do PV 1 constitui

uma ocasião privilegiada para esse efeito, em virtude da importante tendência linear também presente na elevação dos TR. Um índice calculado como o anterior, para cada sujeito, a partir de uma tendência linear ajustada aos dados da trajectória lateral (a que, no grupo PC, é melhor ajustada por um modelo linear e apresenta os maiores declives) fornece assim uma medida da velocidade de transformação mental análoga ao declive para as letras. Na hipótese de uma relação entre as duas formas de IM e da sua lentificação geral sob o efeito da PC, os participantes com maiores valores de declive nas letras tenderão também a apresentar maiores valores de declive no PV 1.

O PV 2 coloca problemas distintos, dada a tendência quadrática predominante da trajectória lateral. Um índice disponível é a média das diferenças TR Lateral - TR Medial (DIFF) calculada para cada sujeito através de todos os ângulos de rotação, designado, de agora em diante, DIFF 2. Este valor reflecte, na hipótese da IMot, os constrangimentos funcionais acrescidos que afectam a realização do movimento lateral relativamente ao medial. Participantes com maiores limitações da acção tenderão, neste sentido, a apresentar DIFF superiores bem como, de acordo com a hipótese de lentificação geral da IM devida a limitações da acção, declives superiores quer para as letras quer no PV 1 das mãos. Correlações positivas entre estes declives e os valores de DIFF 2 seriam esperáveis neste quadro. Idêntico procedimento pode ser adoptado, com as mesmas consequências esperadas, para os DIFF no PV 1, originando um índice designado DIFF 1.

Um quarto indicador cronométrico foi ainda calculado, relativo ao PV 2, nos participantes que apresentaram um pico de TR nos 90° de rotação ($n = 37$), correspondendo ao declive dos tempos na trajectória lateral entre os 0° e os 90°. Este indicador possibilita uma aproximação à medida da velocidade de rotação no PV 2, num contexto em que o modelo linear não é globalmente aplicável. Enquanto a magnitude dos DIFF depende simultaneamente do comportamento dos TR nos dois tipos de trajectória, lateral e medial, o declive calculado nos termos indicados para a trajectória lateral fornece uma medida independente da rapidez/lentidão da transformação mental naquele tipo de trajectos.

A Tabela 5 apresenta os valores das correlações de Pearson calculadas entre estes indicadores. Dado que as hipóteses quanto ao sentido das correlações são orientadas, utilizaram-se os níveis de significância unilaterais.

Tabela 5. Correlações (r de Pearson, p unilateral) entre Declive_Letras, Declive_PV 1, DIFF 1, DIFF 2 e Declive_PV 2, apresentadas separadamente para os grupos Controlo e PC. Apenas os valores que deram lugar a correlações significativas são apresentados.

GRUPO CONTROLO	<i>Declive Letras</i>	<i>Declive PV 1</i>	<i>DIFF 1</i>	<i>DIFF 2</i>	<i>Declive PV2</i>
<i>Declive Letras</i>		.409 $p = .002$	.337 $p = .009$	.243 $p = .046$	—
<i>Declive PV 1</i>			—	.560 $p < .001$	.530 $p = .008$
<i>DIFF 1</i>				.324 $p = .012$	—
<i>DIFF 2</i>					.824 $p < .001$
GRUPO PC	<i>Declive Letras</i>	<i>Declive PV 1</i>	<i>DIFF 1</i>	<i>DIFF 2</i>	<i>Declive PV2</i>
<i>Declive Letras</i>		.288 $p = .023$	.522 $p < .001$	.346 $p = .008$	.425 $p = .045$
<i>Declive PV 1</i>			.632 $p < .001$	.247 $p = .045$	.463 $p = .031$
<i>DIFF 1</i>				.431 $p = .001$	—
<i>DIFF 2</i>					.866 $p < .001$

O sentido de todas as correlações encontradas é, invariavelmente, positivo em ambos os grupos, conforme previsto. Uma tendência para que os participantes mais lentos na rotação mental de letras (com maior declive) apresentem igualmente maior declive na trajectória lateral da rotação no PV 1 foi encontrada em ambos os grupos, com um valor de correlação mais elevado no grupo Controlo ($r = .409$, contra $.288$ nos PC). Dado o reduzido valor dos DIFF do grupo controlo no PV 1, este resultado poderia traduzir a adopção de uma estratégia de rotação visuoespacial no PV 1. No entanto, a verificação no grupo Controlo de correlações significativas do declive das letras não apenas com o DIFF 1, mas igualmente com o DIFF 2 (expressões da dificuldade biomecânica do movimento), aponta antes para uma relação entre as imaginarias envolvidas na simulação do movimento da mão (a IMot, em particular no PV 2) e na rotação mental de letras no espaço, sem prejuízo de que nesta última (e no PV 1) intervenham componentes de natureza mais visual. No grupo PC, o declive calculado

na rotação de letras mantém uma correlação com todos os indicadores cronométricos derivados da tarefa de rotação de mãos. Diferentemente do grupo Controlo, as correlações mais elevadas do declive das letras ocorrem com o DIFF 1 e, em ordem decrescente, com o Declive lateral no PV 2, o DIFF 2 e, só por último, no declive PV 1 (onde os Controlo obtiveram a maior correlação). Os resultados apontam assim, como os observados no grupo Controlo, para uma associação entre as imaginarias envolvidas nas duas tarefas, evidenciando, no entanto, uma relação mais estreita da rotação mental de letras com a simulação implícita da rotação das mãos. Na linha da proposta de Wexler et al. (1998), de que toda a rotação mental procede da simulação latente de uma rotação motora, uma hipótese consistente com este padrão de resultados seria a de que as contingências sensoriomotoras aprendidas através do exercício da mobilidade suportam a autonomização parcial de uma imaginaria visuoespacial relativamente às suas origens motoras. As limitações da actividade associadas à PC teriam, nesta eventualidade, como efeito uma maior proximidade da IV às suas origens motoras.

A tendência observada no grupo PC para que participantes com maior lentidão da transformação mental na rotação de letras apresentem também maior lentidão na rotação de mãos, em ambos os pontos de vista (Declive PV 1 e Declive PV 2), foi parcialmente acompanhada no grupo Controlo pela correlação assinalada entre os declives calculados para as letras e para o PV 1. Tomados em conjunto, estes resultados apoiam a hipótese de uma lentificação geral da imaginaria entre os participantes com PC (relativamente aos Controlo) ao revelarem a consistência das variações individuais da velocidade de rotação mental através das duas tarefas.

Uma hipótese susceptível de alimentar investigações futuras é a de que as diferenças individuais na velocidade de rotação mental entre os participantes Controlo se associam, igualmente, a diferenças nos graus de liberdade da função motora. Quanto aos participantes com PC, a variabilidade do compromisso da função motora encontra-se expressa, pelo menos parcialmente, nas classificações de severidade das limitações funcionais GMFCS (função motora global) e MACS (função manual). A análise das correlações entre os índices de velocidade de rotação derivados para cada um dos participantes com PC e estas classificações constitui, assim, uma forma de examinar a relação entre limitações da actividade e as características cronométricas da IM. Esta análise é complementar às comparações já realizadas através de ANOVAS entre as médias dos subgrupos GMFCS

e MACS, investigando a extensão da associação entre índices individualizados de velocidade de rotação e de severidade.

Dado que as duas escalas de severidade possuem nível ordinal, e não de intervalo, foram calculadas para o efeito correlações não paramétricas entre os pares de variáveis (coeficiente *rho* de Spearman). Sendo as hipóteses quanto ao sentido das correlações orientadas (maiores declives para níveis mais altos e severidade), o nível de significância reportado é unilateral. Para além das classificações de severidade, a classificação clínica TAL foi também correlacionada com os índices cronométricos. Nenhuma correlação significativa envolvendo a GMFCS ou a MACS foi documentada. Já a classificação TAL apresentou correlações positivas (sentido previsto) com o declive calculado no PV 1, $r_s = .416, p = 0.003$, o declive no PV 2, $r_s = .630, p = 0.007$, e o DIFF 1, $r_s = .339, p = 0.019$. Este resultado contrasta com a prioridade da classificação MACS assinalada anteriormente na diferenciação entre subgrupos de severidade tanto na tarefa de rotação de letras como de mãos. Uma razão possível para a ausência de correlações envolvendo a MACS é a de uma inconsistência da variabilidade inter-individual no interior dos subgrupos MACS, subsumida nas médias no caso das ANOVAS (que recorreram, adicionalmente, à agregação dos níveis 3 a 5 de severidade, de modo a assegurar subgrupos com um efectivo mínimo). Indica, por outro lado, a importância da classificação TAL na organização inter-individual das relações ente limitações da actividade e velocidade de rotação mental. Na medida em que a TAL reflecte, largamente, o número de membros afectados pela condição de PC, pode admitir-se, como hipótese provisória, a importância desta variável (extensão da afecção) como preditor da redução da velocidade de transformação mental na IM.

Um último conjunto de correlações relevantes envolve as medidas de clareza e intensidade da IMot obtidas por 22 dos participantes PC nas subescalas visual (VIQ) e quinestésica (KIQ) do questionário KVIQ-10 (Malouin et al., 2008), e ainda os resultados dos participantes PC no teste B&B (Mathiowetz et al., 1985), uma medida de destreza/dexteridade manual global.

Quanto às pontuações no KVIQ-10, na hipótese de que constituam indicadores gerais da capacidade-qualidade da IM, poderiam esperar-se correlações negativas com os valores de declives calculados (indicadores de lentificação da imaginaria). Apesar de a subescala VIQ se referir à clareza das imagens que o participante faz do seu do próprio movimento (na perspectiva do próprio, não de um terceiro), na medida em que apela sobretudo a componentes visuais, por oposição a quinestésicos, da IM, poderia ainda

conjecturar-se uma correlação mais evidente da VIQ com a velocidade da rotação mental de letras (e, eventualmente, da rotação de mãos no PV 1), e entre os resultados da subescala KIQ e a velocidade de rotação de mãos no PV 2. Apesar de o sentido das correlações ser, como previsto, negativo em todos os casos (tanto com os declives como com os DIFF 1 e 2), apenas uma correlação significativa foi encontrada, entre a subescala VIQ e o declive calculado na rotação de mãos no PV 1, $r(48) = -.244$, $p = .047$ (unilateral).

Uma interpretação facial destes resultados (quase completa ausência de correlações entre medidas de vivacidade da imaginaria e os indicadores cronométricos) consistiria em recusar, com base neles, um papel central da IM nas tarefas de rotação. Uma interpretação mais plausível, a luz da evidência disponível, consiste em tomá-los como reveladores da complexidade da noção de IM e das incertezas que permanecem quanto à sua definição, modalidades, e adequação dos procedimentos de medida. Em primeiro lugar, questionários como o KVIQ dirigem-se à imaginaria explícita e não aos processos de imaginaria implícita convocados pelas tarefas de rotação de letras e mãos. Na ausência de um quadro estabelecido de previsões sobre a relação entre imaginaria explícita e implícita, a relação entre pontuações do KVIQ e indicadores cronométricos permanece assim subdeterminada. A ideia de IM como um processo único está igualmente em desacordo com a prevalência na literatura de modelos componenciais (e.g., Farah, 1984; Kosslyn, 1987; Wallace & Hofelich, 1992), que destacam, com base em evidência neurológica e comportamental, o envolvimento na IM de distintos processos (e.g., geração de imagens, inspecção de padrões, composição de partes, rotação de padrões), bem como a variabilidade da sua combinação em diferentes tarefas (Mast, Ganis, Christie & Kosslyn, 2003). Reforçando a provável heterogeneidade dos processos subjacentes a diferentes tarefas, modalidades e medidas de imaginaria, modelos componenciais foram já propostos para os aspectos especificamente intensivos e de vivacidade da imaginaria, como aqueles avaliados pelo KVIQ (cf. Hishitani, Miyazaki, & Motoyama, 2011). Quanto à distinção entre IV e IMot, várias distinções adicionais contribuem para a complexificar, como as evidências favoráveis a uma separação funcional entre imaginaria visual e especificamente espacial (Farah, Hammond, Levine, & Calvanio, 1988). Numa revisão geral das formas de medida propostas da IMot, McAvinue e Robertson (2007) sublinham igualmente as incertezas que afectam a definição da noção de IMot, incluindo a possível existência de modalidades heterogêneas, o estatuto da sua relação com a IV, e a importância das diferenças individuais.

Apesar dos comentários anteriores, a sugestão de um impacto geral das limitações da actividade na IM (mesmo nas suas formas explícitas) é apoiada pela existência de correlações negativas significativas entre ambas as subescalas (VIQ e KIQ) e as pontuações totais do KVIQ, por um lado, e as classificações de severidade MACS, GMF e TAL, por outro – com valores de r compreendidos entre $-.322$ ($p = .013$, unilateral), para a correlação KIV-MACS, e $-.394$ ($p = .003$) para a correlação VIQ-GMFCS. Correlações positivas significativas foram também encontradas entre as medidas de vivacidade da IMot e o desempenho no teste B&B, com valores de r entre os $.449$ ($p = .001$) e os $.524$ ($p < .001$). Estes resultados documentam, assim, uma associação entre maior compromisso funcional e menor clareza e vivacidade da IMot explícita, e entre qualidade do desempenho da função bimanual e maior clareza e vivacidade da IM.

As correlações entre os indicadores cronométricos das duas tarefas e as pontuações no teste B&B produziram um coeficiente significativo no declive calculado no PV 2. O sentido da correlação foi negativo, indicando que participantes com pior desempenho no teste B&B tendem a apresentar valores de declive superior. Este resultado aponta para uma associação entre as limitações da função motora manual e a lentificação da transformação mental na rotação de mãos neste ponto de vista. O teste B&B apresentou, adicionalmente, correlações negativas significativas com as classificações MACS, GMFSC e TAL, que atingiram o seu valor mais elevado na correlação B&B-MACS: $r(48) = -.646$, $p < .001$. Dado que a MACS avalia a severidade do compromisso funcional da função manual, e o B&B o desempenho numa tarefa manual, este resultado poderia esperar-se. No conjunto, o padrão de correlações observadas com o B&B sugere a importância da preservação da função manual para a execução eficiente (mais rápida) da rotação mental de mãos no PV 2.

A análise das correlações entre diferentes indicadores cronométricos derivados nas duas tarefas (rotação de letras e de mãos), entre estes e as classificações de severidade do compromisso funcional, e entre indicadores cronométricos e medidas adicionais de vivacidade de IM e de destreza manual, revela, em primeiro lugar, a complexidade da noção de IM, da sua medida, e da distinção entre as suas modalidades. Apesar disso, à semelhança das análises conduzidas nas secções anteriores, o conjunto dos resultados verificados apoia consistentemente a hipótese de um impacto generalizado das limitações da actividade na IM, e a sugestão adicional de que um aspecto central deste impacto consiste numa lentificação da IM.

6.

Momento Representacional

Manifestamente – prosseguiu o Viajante do Tempo –, qualquer corpo real se pode estender em quatro direcções: precisa de ter comprimento, largura, espessura e ... duração. Mas, durante uma enfermidade natural da carne, que já de seguida vos explicarei, tendemos a descurar este facto. Existem, realmente, quatro dimensões a que chamaremos os três planos do Espaço, e uma quarta, o Tempo. Verifica-se, porém, uma tendência para fazer uma distinção imaginária entre as três primeiras dimensões e a última, porque, o que acontece é que a nossa consciência se desloca intermitentemente numa direcção, ao longo da última, desde o princípio até ao fim das nossas vidas.

Wells (1895, p.6)

Os resultados anteriores, sugerindo uma lentificação geral da imaginaria mental, tanto visual como motora, no grupo PC, levam a admitir que esta lentificação se reflecta no desempenho de outras tarefas perceptivas ou perceptivo-motoras, nas quais a imaginaria desempenhe um papel ao menos parcial. Investigar essa possibilidade poderá mesmo revelar-se duplamente vantajoso, permitindo, por um lado, um melhor esclarecimento do efeito das limitações motoras na imaginaria e no desempenho perceptivo das pessoas com PC e, por outro, contribuir porventura para uma melhor caracterização dessas tarefas quanto à sua possível relação com a imaginaria.

O MomRep (Freyd, 1983; Freyd & Finke, 1984), já antes definido como um erro de localização para diante, no sentido do movimento, da última posição observada de um alvo que desaparece abruptamente, envolve justamente uma dessas tarefas. Na sua interpretação inicial, o MomRep foi considerado um análogo mental do momento físico, envolvendo a internalização (Shepard, 1975) de uma regularidade física numa representação dinâmica, isto é, que inclui, necessariamente, uma dimensão temporal (Freyd, 1987). Na sua discussão das relações entre representações dinâmicas e IM, Freyd contrapõe as primeiras, enquanto associando necessariamente o espaço e o tempo, à “noção tradicional” de IM (Freyd, 1987, p. 430), na qual o tempo se mantém exterior

à representação (Shepard, 1981). No entanto, como assinala Hubbard (2006), não exclui uma noção de imaginaria capaz de incorporar propriedades espaço-temporais e, a esse título, informação dinâmica e cinemática.

Em particular no que se refere ao MomRep, Freyd e Johnson (1987) e Kelly & Freyd (1987) admitiram a sua afinidade com formas de imaginaria como a rotação mental. Com base em diferentes tipos de evidência, vários autores defenderam igualmente essa posição. Munger et al. (1999a) mostraram não apenas efeitos paralelos dos eixos de rotação de objectos nas tarefas de rotação mental e de MomRep, como ainda que os sujeitos com maior velocidade de rotação mental apresentavam igualmente maiores erros de localização para diante. Num estudo com magnetoencefalografia, Amorim et al. (2000) assinalaram a sobreposição das áreas corticais activadas durante tarefas de rotação mental e de MomRep. Senior, Barnes e David (2001) documentaram uma correlação entre as pontuações num questionário de vivacidade da IV e a magnitude do erro no MomRep.

A análise do eventual impacto da lentificação observada da imaginaria mental do grupo PC em tarefas de MomRep – tidas como mais próximas de actividades ecologicamente relevantes como o seguimento/intercepção/evitamento de projecteis (Kelly & Freyd, 1987; Hubbard, 2005, 2006) – oferece, por isso, uma via para uma caracterização mais alargada dos défices comparativos evidenciados pelos participantes com PC nas rotações mentais.

O MomRep tem sido investigado sobretudo em populações TD, sendo bem mais raros os trabalhos dirigidos a populações clínicas e, em particular, a populações caracterizadas por limitações do movimento. Alguns estudos envolvendo populações especiais podem no entanto referir-se. Barnes, Hinkley, Masters, & Boubert (2007), por exemplo, revelaram uma magnitude de MomRep inferior em pessoas com dislexia comparativamente à população TD. Este resultado foi interpretado como a expressão de problemas de processamento espaço-temporal, associados a défices magnocelulares já documentados por neuroimagem em indivíduos disléxicos. Magnitudes superiores de MomRep foram pelo contrário reportadas em pessoas com diagnóstico de esquizofrenia (Jarret et al., 2002; Vettise, 2012). No caso do estudo de Jarret et al. (2002) com base nas disfunções admitidas da área V5 (necessária para a ocorrência de MomRep) em indivíduos esquizofrénicos/esquizotípicos, a previsão era a de uma redução do MomRep. O resultado, contrário ao esperado, foi interpretado como a expressão de défices nos processos de inibição, com sede frontal, aos quais caberia interromper a

“extrapolação automática” do movimento subjacente ao MomRep. Taylor e Jakobson (2010) compararam o MomRep em crianças nascidas pré-termo e a termo. Com base no risco acrescido de problemas de percepção do movimento verificado em crianças com nascimento prematuro, os autores previram uma redução do MomRep neste grupo. Esse resultado verificou-se e foi atribuído a uma sobreactivação das funções de inibição frontal, com a consequente interrupção da extrapolação automática do movimento. Esta interpretação é, no entanto, difícil de compaginar com a indicação de que crianças nascidas prematuramente apresentam um menor desenvolvimento do lobo frontal (Edgin et. al., 2008) e parece ainda inconsistente, como assinala Vettise (2012), com a explicação inibitória do MomRep em doentes esquizofrênicos – que invoca um défice das funções frontais para explicar um aumento do MomRep, e não a sua redução.

Todos os estudos referidos partilham as seguintes características: (1) as previsões formuladas quanto ao aumento ou diminuição comparativa do MomRep baseiam-se na identificação anterior de problemas com a percepção do movimento, ou em áreas corticais associadas ao processamento do movimento e necessárias para a ocorrência de MomRep: essas previsões verificaram-se nalguns casos, mas não noutros; (2) os estímulos utilizados consistiram em movimento induzido (Freyd & Finke, 1984) ou em estímulos estáticos (com implicações dinâmicas), não tendo sido utilizado movimento contínuo; (3) uma metodologia de sonda mnésica, com escolha forçada, foi utilizada para a recolha da resposta, não tendo sido utilizadas respostas de localização; (4) a interpretação dos resultados baseou-se na aceitação do MomRep como o resultado de um processo automático (modular) de extrapolação do movimento (Courtney & Hubbard, 2008; Freyd & Finke, 1984; Hayes & Freyd, 2002; Hubbard, 2005) e na necessidade de intervenção de um processo atencional, inibitório, para pôr um fim à extrapolação.

As hipóteses de partida do presente estudo, apresentadas em seguida, exploram, diferentemente, os cenários previsíveis de um impacto da lentificação geral da imaginaria no MomRep, na eventualidade de este ser suportado, no todo ou em parte, por uma ou mais formas de imaginaria mental.

Correspondendo à distinção entre IV e IMot (no sentido antes referido em Jeannerod, 2001), formulam-se num quadro em que a diferença entre modalidades de resposta, variando no grau de envolvimento motor (maior nas respostas de localização, consideravelmente menor no julgamento da localização de um estímulo-sonda relativamente ao local de desaparecimento do alvo) ganha relevância. Os efeitos da

manipulação da natureza da resposta, com maiores magnitudes de MomRep com respostas de localização motora, constituem um adquirido da literatura sobre MomRep (de Sá Teixeira & Oliveira, 2011; Kerzel, 2003) e um elo possível com a distinção entre *percepção-para-o-reconhecimento* e *percepção-para-a-acção* (Milner & Goodale, 1995). Por outro lado, a centralidade dos défices motores (Bax et al., 2005) e os défices da capacidade de planeamento motor evidenciados em pessoas com PC (Craje et al., 2010; Mutsaerts et al., 2007; Steenbergen et al., 2007) permitem admitir um efeito particular da modalidade de resposta no seu desempenho em tarefas de MomRep.

Por fim, as hipóteses de partida não dependem essencialmente do debate entre uma versão atencional e automática da extrapolação do movimento, e sim apenas da ideia de que IM tem um papel nessa extrapolação. O curso temporal do MomRep, isto é, a evolução da sua magnitude em função do tempo decorrido após a desapareção do alvo a localizar (Freyd & Johnson, 1987) constitui um terreno natural para a expressão de uma eventual lentificação da imaginaria, sendo por isso objecto de cenários previsionais.

6.1 HIPÓTESES - CENÁRIOS PREVISIONAIS

1. Se a extrapolação do movimento no MomRep for suportada por uma forma de imaginaria mental, a lentificação da imaginaria deverá traduzir-se num menor MomRep nos grupos PC. Esta previsão corresponde directamente às indicações de Munger et al. (1999) de uma correlação entre maior velocidade de rotação mental e maior MomRep.
 - 1.A. Este efeito de lentificação da imaginaria é esperável no caso de uma extrapolação pós-perceptiva do movimento assente numa imaginaria predominantemente visual (IV) (no estudo referido de Munger et al. (1999) a modalidade de resposta utilizadas foi a sonda mnésica, envolvendo unicamente um julgamento perceptivo).

- 1. B.** No caso da utilização de uma imaginaria motora (IMot), que admitimos possa ser favorecida pela exigência de uma resposta (motora) de localização da última posição observada do alvo, dois cenários parecem admissíveis: (i) a lentificação da imaginaria resulta identicamente numa redução do MomRep, promovendo uma menor extrapolação perceptiva do movimento: (ii) a mobilização pela IMot dos recursos utilizados em tarefas quotidianas de captura ou intercepção de objectos em movimento pode conduzir pelo contrário a um aumento do MomRep nos sujeitos com PC, traduzindo os seus hábitos de antecipação motora na relação eficaz com os objectos, mais do que uma extrapolação perceptiva do movimento para diante.
- 1. C.** Dada a relação encontrada no estudo anterior entre a gravidade do compromisso funcional e a lentificação da imaginaria no grupo PC, as previsões formuladas para as diferenças entre grupos PC e TD são, em princípio, transponíveis para subgrupos de indivíduos PC (ocupando o subgrupo com menores compromissos a posição relativa dos participantes TD nas comparações).
- 2.** No que se refere ao curso temporal do MomRep, a investigar através da imposição de um intervalo de retenção com durações variáveis, após o desaparecimento do alvo e antes do início permitido da resposta, a hipótese de uma lentificação da imaginaria prevê que o pico (a magnitude máxima) do MomRep no grupo PC seja: a) ou inferior, b) ou atingido mais tarde durante o curso temporal, c) ou eventualmente, ambos. Não são compatíveis com a hipótese de um efeito da lentificação da imaginaria no MomRep a ocorrência de um pico simultaneamente maior e anterior no grupo PC.

6.2 EXPERIÊNCIA 2.1 A - MOMENTO REPRESENTACIONAL COM LOCALIZAÇÃO MOTORA

6.2.1 MÉTODO

Participantes

Participaram no estudo os 48 sujeitos com PC correspondentes ao Grupo A, descrito e caracterizado no capítulo anterior, e os 48 sujeitos do grupo de controlo emparelhado, também caracterizados no capítulo precedente. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento informando-os de que eram livres de abandonar a situação experimental a qualquer momento, se assim o desejassem. Os critérios de inclusão dos participantes PC foram os descritos na secção geral de metodologia do capítulo anterior.

Estímulos

Os estímulos eram constituídos por um conjunto de animações (formato avi; 30 fps) de um quadrado azul-escuro (1 cm²), que se deslocava horizontalmente num fundo branco a uma de três velocidades constantes: 2, 8 e 16 cm/s (centímetros por segundo). Cada quadrado surgia, aleatoriamente, de cada um dos extremos do ecrã (i.e., tanto da esquerda para a direita como da direita para a esquerda). Após deslocar-se um número variável de centímetros (5, 10, 20 e 24 cm), o quadrado desaparecia subitamente, surgindo imediatamente após, no centro do ecrã, um cursor em forma de cruz (Figura 29). As animações foram concebidas com recurso ao *software Interactive Physics 2004* e posteriormente editadas no *VirtualDub*.

Desenho experimental

O desenho envolveu a combinação factorial de 3 velocidades × 4 distâncias × 2 direcções × 4 replicações, num total de 96 ensaios. Todos os participantes realizaram todas as condições, tratando-se assim de um desenho factorial completo de medidas repetidas.

Procedimento

Os participantes foram testados individualmente num ambiente calmo, frente a um computador portátil, sentados a uma distância de aproximadamente 60 cm do ecrã (ângulo visual subentendido pelo alvo em movimento de aproximadamente 1°).

Não existiu tempo limite para a resposta, sendo o fim do ensaio determinado pela resposta do sujeito, e coincidindo com a passagem para nova apresentação (*stimulus onset*). Solicitava-se aos participantes que observassem atentamente o movimento do quadrado no ecrã e que, quando este desaparecesse, indicassem, o mais precisamente possível, o seu local de desaparecimento (tomando como referência o centro geométrico do quadrado). Os participantes forneciam as suas respostas por meio de um rato convencional (ou uma *trackball*) com o qual controlavam um cursor em forma de cruz (+) apresentado no ecrã. Não era dado feedback relativamente aos resultados.

Antes do início da experiência, os participantes realizaram dez ensaios de treino, com o objectivo de se familiarizarem com a tarefa, sendo convidados a colocar nessa ocasião quaisquer dúvidas relativamente às instruções. A apresentação dos estímulos, a aleatorização dos ensaios e o registo em linha das respostas estiveram a cargo do programa *Super Lab Pro 4*. Os estímulos foram apresentados num computador portátil pessoal Asus, com um monitor de 15.6” e uma taxa de refrescamento de 60-Hz.

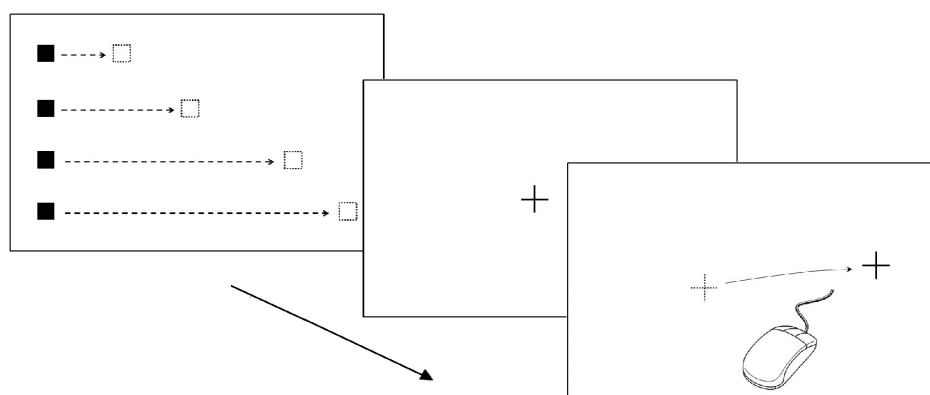


Figura 29. Representação esquemática da tarefa. Esquerda: o alvo móvel (quadrado preto) surge em movimento e desloca-se a uma velocidade constante até desaparecer subitamente (quadrados a pontilhado). Centro: o cursor do rato surge um pouco abaixo do centro do ecrã. Direita: utilizando um rato (ou *trackball*) o participante desloca o cursor até ao ponto que percebe como coincidente com a última posição do alvo. Nota: os desfasamentos verticais dos trajectos na caixa da esquerda servem apenas para os distinguir. O alvo deslocava-se sempre na linha média do ecrã.

Medidas adicionais

Conforme indicado no capítulo anterior, todos os participantes do grupo PC foram previamente classificados nas escalas MACS, GMFCS e no teste B&B, tendo ainda, vinte e dois deles, respondido ao *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ).

6.2.2 RESULTADOS

A variável dependente considerada foi o erro de localização, medido em píxeis, tanto na horizontal (diferença entre o local apontado pelo participante e o local de desaparecimento medida na coordenada x) como na vertical (a mesma diferença, mas relativa à coordenada y). Erros positivos na horizontal indicam a presença de MomRep. Erros positivos na vertical indicam uma posição percebida acima do verdadeiro local de desaparecimento do alvo, erros negativos assinalam um deslocamento da posição percebida em direcção ao solo. Adoptando uma convenção sugerida por Hubbard (2005), os erros no sentido do movimento – neste caso, na horizontal – serão designados deslocamento-M (de movimento), os erros ortogonais ao movimento – neste caso, na vertical – como deslocamento-O (de ortogonal). Estas designações têm a vantagem de se manterem teoricamente neutras relativamente à natureza dos deslocamentos, contrariamente a expressões como Momento Representacional ou Gravidade Representacional (que reflectem já uma interpretação em termos de internalização de invariantes físicos).

6.2.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: Análise Comparativa*Magnitudes do deslocamento-M e do deslocamento-O*

Tomadas globalmente, tanto a magnitude do deslocamento-M como do deslocamento-O (no sentido descendente) foram superiores no grupo PC (Figura 30). ANOVAs globais mistas conduzidas sobre os resultados agregados através das quatro replicações, com Grupo (PC e Controlo) como factor entre-sujeitos, e Velocidade, Distância e Direcção como factores intra-sujeitos, revelaram diferenças significativas entre os grupos em ambos os deslocamentos: $F(1,87) = 10.23$, $p < .002$ para o deslocamento-M, com os participantes com PC a revelar um maior

erro para diante; $F(1,97) = 35.83, p < .001$, para o deslocamento-O, com os participantes com PC a revelarem um maior erro para baixo ($M = -15.10, DP = 1.17$, contra $M = -5.84, DP = 1.11$ nos controlo).

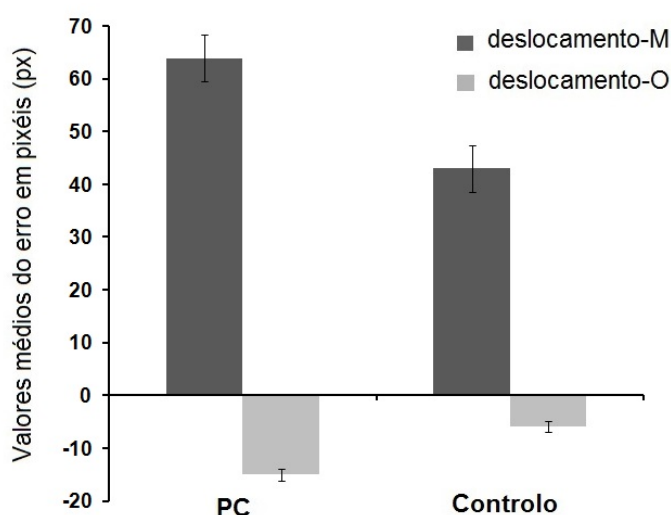


Figura 30. Deslocamentos M e O em ambos os grupos. Os valores na ordenada representam a média dos erros (diferença entre a localização indicada e o local de desaparecimento do alvo) em pixels. As barras de erro representam o erro padrão da média.

De modo consistente com os resultados reportados pela literatura (Hubbard, 2005, 2006, 2010), o erro no sentido do movimento, correspondente ao MomRep, mostrou-se consideravelmente superior ao erro ortogonal (correspondente neste caso ao efeito designado como Gravidade Representacional) em ambos os grupos.

6.2.2.2 Efeitos da velocidade e da distância percorrida pelo alvo

Deslocamento-M. A ANOVA global realizada sobre os erros de localização na coordenada x revelou um efeito significativo da Velocidade, traduzido num aumento do deslocamento-M com o aumento da velocidade, $F(1.73,150.52) = 68.18, p < 0.001$ (a correcção de Greenhouse-Geisser para os graus de liberdade foi sempre utilizada nos casos de violação da esfericidade). Um efeito significativo da Distância, com uma diminuição do deslocamento-M em função da distância percorrida, foi igualmente

verificado, $F(1.58,138.14) = 67.95, p < 0.00$. Ambos os efeitos têm sido tipicamente documentados na literatura (Hubbard, 2005, 2006, 2014), havendo evidência de que o efeito atribuído à distância se deve na realidade ao ponto de desaparecimento do alvo, variável com a qual a distância se encontra tipicamente confundida (De Sá Teixeira & Oliveira, 2011). No quadro do presente trabalho, visando sobretudo a comparação de resultados entre os grupos, manter-se-á a designação “Distância” por mera conveniência, com a ressalva de que esta variável poderá, na realidade, envolver os efeitos do ponto de desaparecimento e não da distância percorrida. O sentido do movimento (esquerda-direita ou direita-esquerda) não produziu efeitos significativos, $F < 1, p = .429$. A interação Velocidade \times Distância foi significativa, $F(3.93,341.60) = 10.65, p < .001$, reflectindo um padrão de tipo multiplicativo verificado já em estudos anteriores (De Sá Teixeira & Oliveira, 2008; De Sá Teixeira & Oliveira, 2011). Apenas uma interação foi encontrada envolvendo a variável Grupo: Grupo \times Distância, $F(1.59,138.14) = 7.51, p = .002$. Este resultado indica já um comportamento idêntico em ambos os grupos das variáveis Velocidade, Direcção, e da interação Velocidade \times Distância.

ANOVAs de medidas repetidas conduzidas separadamente em cada um dos grupos sobre o deslocamento-M confirmaram a ausência de um efeito significativo da Direcção ($p = .538$ no grupo Controlo, $p = .600$ no grupo PC), a existência de efeitos principais significativos da Velocidade [Controlo: $F(2,92) = 78.64, p < .001$; PC: $F(1.67,68.77) = 18.66, p < .001$] e da Distância [(Controlo: $F(1.26,58.12) = 23.56, p < .001$; PC: $F(1.81,74.39) = 42.59, p < .001$)] e a presença de uma interação significativa Velocidade \times Distância em ambos os grupos [(Controlo: $F(3.82,175.54) = 10.01, p < .001$; PC: $F(3.53,144.95) = 3.93, p = .007$)]. No conjunto, as análises demonstram assim a semelhança qualitativa do comportamento do deslocamento-M nos dois grupos em função das variáveis independentes consideradas e, como única diferença a assinalar, uma magnitude significativamente superior do erro horizontal para diante (MomRep) no grupo PC. A Figura 31 ilustra graficamente estes resultados, permitindo comparar o deslocamento-M em cada um dos grupos em função da Velocidade (gráfico A) e da Distância (gráfico B).

Deslocamento-O. Na ANOVA mista global realizada sobre os erros de localização na coordenada y, apenas a Distância apresentou um efeito principal significativo, $F(3,285) = 7.64, p < 0.00$, e uma interação significativa com a Direcção do movimento, $F(1.93,182.86) = 4.49, p = 0.014$. Esta interação traduz uma redução progressiva do

deslocamento-O com a distância quando o movimento se realiza da esquerda para a direita, mas não quando ocorre no sentido contrário. Uma ANOVA de medidas repetidas conduzidas separadamente no grupo Controlo evidenciou um efeito principal da Distância, $F(2,58,123.97) = 3.61, p = .02$, associado a uma diminuição do erro de localização para baixo (deslocamento-O negativo) com o aumento da Distância. Nenhum outro efeito principal ou interação se revelou significativo. Uma ANOVA equivalente conduzida no grupo PC mostrou igualmente apenas um efeito da Distância, $F(3,141) = 4.52, p = .005$. A interação Distância \times Direcção, com o sentido descrito na ANOVA global, e a variável Velocidade (com uma tendência gráfica, visível na Figura 31, para um aumento do erro de localização para baixo) associaram-se entre tanto a valores de p (com correcção de Greenhouse-Geisser) caracterizáveis como marginalmente significativos: $p = .067$ e $p = .066$, respectivamente.

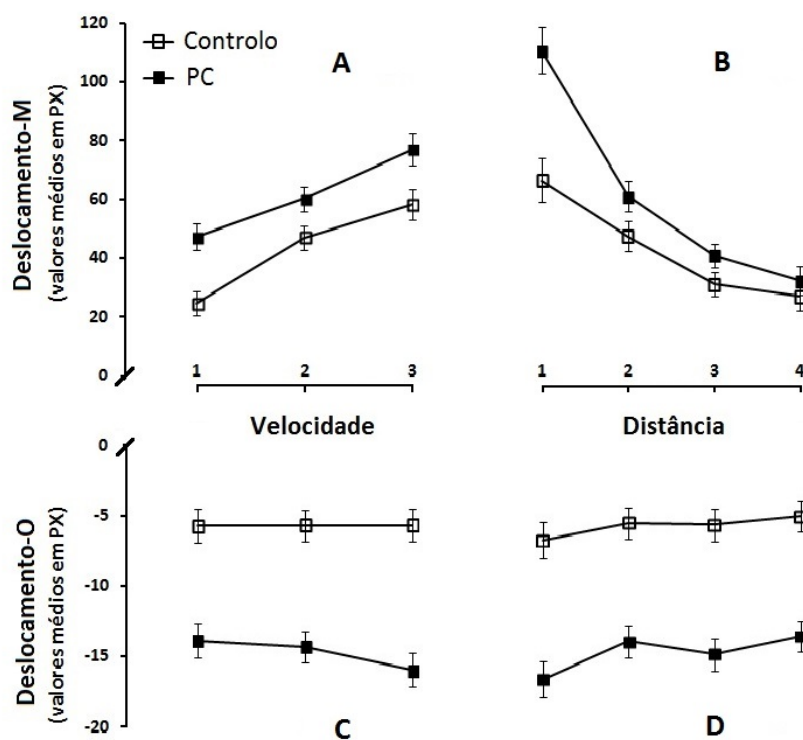


Figura 31. Magnitude do deslocamento-M (linha superior, gráficos A e B) e do deslocamento-O (linha inferior, gráficos C e D) em função da Velocidade (à esquerda, gráficos A e C) e da Distância percorrida pelo alvo (à direita, gráficos B e D) em ambos os grupos (Controlo: quadrados a cheio; PC: quadrados sem preenchimento). As barras de erro verticais correspondem ao erro padrão da média. Em cada um dos deslocamentos (M e O), os gráficos da Velocidade e da Distância partilham a mesma ordenada. As ordenadas dos dois deslocamentos não têm, no entanto, a mesma unidade, de modo a permitir apreciar os efeitos, consideravelmente inferiores, da Velocidade e Distância no deslocamento-O.

A Figura 31 resume as principais tendências identificadas nas ANOVAs. Em todos os gráficos o erro de localização para diante (MomRep) e para baixo (Gravidade Representacional) é claramente superior no grupo PC. O aumento do deslocamento-M com a Velocidade segue uma tendência paralela em ambos os grupos. O deslocamento-M diminui com a Distância em ambos os grupos, mais acentuadamente no grupo PC (tendência para a convergência dos traçados na maior distância). No deslocamento-O, apenas o grupo PC apresenta uma tendência para o aumento do erro (para baixo, no sentido negativo) com a Velocidade, que não atingiu, no entanto, expressão estatística. Em ambos os grupos, o deslocamento-O diminui com a Distância, seguindo uma tendência aproximadamente paralela.

6.2.2.3 Relação entre os deslocamentos M e O

O exame da correlação entre as magnitudes do deslocamento-M e do deslocamento-O no conjunto dos participantes (isto é, incluindo tanto os participantes com PC como os participantes Controlo) revelou uma associação significativa entre as duas variáveis, $r(97) = -.427, p < .001$. O sentido negativo da correlação resulta da natureza da medida de deslocamento-O, tanto mais negativa quanto maior o erro “para baixo”. Este resultado indica assim que os participantes que produziram maiores erros para diante, no sentido do movimento, produziram igualmente maiores erros “para baixo”, no sentido ortogonal ao movimento. A mesma indicação resulta da análise das correlações entre os dois deslocamentos efectuada separadamente para cada grupo, cujos resultados se apresentam na Tabela 6, tendo essa associação uma maior expressão no grupo PC do que entre os participantes Controlo.

Tabela 6. Correlações entre os deslocamentos M e O no grupo PC e no grupo Controlo

		Deslocamento-O	
		PC	Controlo
Deslocamento-M	<i>r</i> de Pearson	-.327*	-.282*
	sig. (2-tailed)	.023	.050
	<i>N</i>	48	49

* Correlação significativa ao nível 0.05 (2-tailed)

Tratando-se apenas de medidas de associação, estas correlações não podem tomar-se em si mesmas como implicando a existência de um mecanismo comum (ou de vários mecanismos comuns) subjacente(s) aos dois tipos de erro. Assinalam, no entanto, uma relação até agora não reportada na literatura entre o erro de localização “para diante” e o erro “para baixo”, cujo esclarecimento poderá contribuir para uma melhor compreensão dos processos envolvidos na localização de alvos em movimento.

6.2.2.4 Efeitos da severidade do compromisso funcional: subgrupos PC e correlações

A classificação dos participantes com PC em função da gravidade do seu compromisso funcional foi efectuada, em cinco níveis (gravidade crescente com o nível), com base nas medidas MACS e GMFSC. A classificação pela tipologia clínica (TAL), apesar de manter uma correlação positiva significativa com qualquer destas medidas não constitui, a rigor, uma classificação quanto à severidade do compromisso funcional. A Figura 32 representa os valores médios, em píxeis, do deslocamento-O em cada um dos subgrupos MACS e GMFSC, e os respectivos erros-padrão da média (barras de erro). Uma tendência para o aumento do erro de localização com a severidade do compromisso avaliado pelo MACS (compromisso dos membros superiores) é visível no gráfico, interrompida apenas pelo nível 4. Apesar de, numa ANOVA conduzida sobre os valores de deslocamento-O no grupo PC, com MACS e GMFSC como factores entre sujeitos, nenhum destes factores apresentar um efeito principal significativo ($p = .425$ e $p = .661$, respectivamente), o factor MACS registou um contraste linear significativo, indicativo da tendência para o crescimento do erro com os níveis de severidade ($p = .049$), bem como uma interacção Velocidade \times MACS, $F(6.81, 59.61) = 2.294$, $p = .04$, reflectindo uma tendência para um aumento do deslocamento-O com a velocidade à medida que aumenta o nível de compromisso funcional.

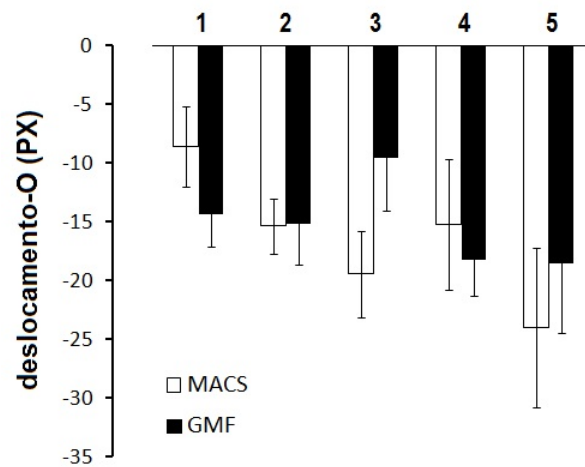


Figura 32. Magnitude do deslocamento-O (desfasamento vertical) em função da classificação dos participantes PC pelos níveis de severidade do MACS.

A análise das correlações entre os valores de deslocamento-M e do deslocamento-O, por um lado, e os níveis de MACS e GMFSC oferecem uma segunda forma de caracterizar a relação entre a severidade do compromisso motor e as magnitudes dos erros de localização. Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre o deslocamento-M e qualquer das duas medidas de severidade. Já o deslocamento-O apresenta uma correlação significativa com os níveis de MACS, $r(49) = -.309, p = .033$. O sentido negativo da correlação deve interpretar-se à luz do sentido do erro de localização na vertical, para baixo, tanto maior quanto mais negativos os valores. Do ponto de vista substantivo, assinala uma associação entre o aumento do nível de severidade do compromisso dos membros superiores e o aumento da magnitude do deslocamento-O.

Apesar das diferenças quanto à sua relação com o MACS, as magnitudes de deslocamento-O e de deslocamento-M estão significativamente correlacionadas entre si, como assinalado antes: $r(48) = -.327, p = .023$, exprimindo que os participantes PC com maior erro no sentido do movimento fornecem também maiores valores de erro “para baixo”. De um modo consistente com o expectável, o MACS e o GMFSC apresentam uma elevada correlação entre si, $r(48) = .579, p < .001$, e ambos mantêm com o B&B, uma medida de dexteridade manual, uma forte correlação negativa, $r(47) = -.772, p < .001$, para o MACS; $r(47) = -.702, p < .001$, para o GMF. Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre qualquer dos deslocamentos e as medidas de vivacidade da imaginária (visual: *VI-Quest*, quinestésica: *KI-Quest*, Global: *KVIQ*).

No entanto, tanto o MACS como o GMFSC apresentaram correlações negativas significativas com as três medidas do KVIQ-10 (menor valor de $r = -.322$, $p = .026$), indicando uma associação entre maior comprometimento funcional e menor claridade da imaginaria visual e intensidade da imaginaria quinestésica (motora).

6.2.3 DISCUSSÃO

Os resultados deste primeiro estudo não foram consistentes com os resultados anteriormente reportados por Munger, Solberg e Horrocks (1999) – maior MomRep dos participantes com maior velocidade de rotação mental – nem com a previsão derivável a partir deles quanto aos efeitos de uma lentificação geral da imaginaria em pessoas com PC (Martins et al., 2005; ver também capítulo anterior) – menor magnitude de MomRep no grupo PC do que no grupo Controlo. Pelo contrário, observaram-se diferenças significativas entre os grupos no sentido oposto ao previsto, isto é, erros de localização mais pronunciados no grupo PC, tanto no sentido do movimento como ortogonais ao movimento (para baixo).

As correlações entre o declive calculado na tarefa de rotação mental de letras e os dois tipos de erro de localização apresentaram valores significativos no conjunto dos participantes, indicando em ambos os casos que os participantes com menor velocidade de rotação (maiores declives) tendem a fornecer maiores magnitudes de deslocamento-M, $r(97) = .446$, $p < .001$, e de deslocamento-O, $r(97) = -.315$, $p = .002$ (o sentido desta correlação resultando do facto de o erro vertical ocorrer “para baixo”, no sentido negativo). O mesmo resultado obtém-se para o deslocamento-M quando as correlações são consideradas separadamente em cada grupo: $r(49) = .425$, $p = .002$, para o grupo Controlo; $r(48) = .394$, $p = .006$, no grupo PC (no caso do deslocamento-O, apesar de apresentar o mesmo sentido verificado na amostra total, a correlação com o declive da rotação mental não atingiu valores significativos em nenhum dos grupos).

Embora contrários aos de Munger et al. (1999), estes resultados não são, em si mesmos, contraditórios com eles. O estudo de Munger et al. envolveu movimento induzido e, sobretudo, o método clássico de resposta por sonda mnésica. Uma comparação mais directa com os resultados do estudo de Munger será fornecida adiante

numa experiência com recurso ao formato de resposta de sonda. No entanto, estes resultados sugerem a inadequação, no caso do MomRep com resposta motora, de uma concepção na qual a função da imaginaria seria a de suportar a representação do objecto em movimento (Munger et al., 1999, p. 1558), prolongando-se depois após a desapareção do alvo (pós-perceptivamente) e influenciando a memória da última posição percebida. O aumento dos erros de localização para diante e para baixo nos participantes PC (mais lentos, em termos motores e também na rotação/transformação mental) é, antes, compatível com um possível envolvimento da imaginaria no planeamento da acção e na especificação/detecção dos efeitos distais desse planeamento. A dependência dos erros de localização relativamente a planos de acção foi já documentada em várias ocasiões (Jordan et al., 2002) e interpretada como uma indicação da inseparabilidade do planeamento da acção e da especificação/detecção dos seus efeitos perceptivos (dito de outro modo, da inseparabilidade da percepção espacial e do controlo da acção). Tomando o exemplo da intercepção de um projectil, a antecipação do local de intercepção no momento do planeamento da acção envolverá, expectavelmente, um ponto ainda mais adiante na trajectória no caso de alguém com limitações da acção, traduzidas, designadamente, numa maior lentidão da execução. Este ponto de vista pode igualmente sustentar-se em propostas como a de Marinovic, Plooy, e Arnold (2012). Relativamente à evidência de que os erros de localização no sentido do movimento são maiores com respostas de localização motora do que no caso de julgamentos perceptivos, estes autores sugerem que, ao invés de reflectir uma maior vulnerabilidade da acção a ilusões induzidas pelo movimento, este facto reflecte "o planeamento requerido para a intercepção bem-sucedida de objectos em movimento" (p. 73).

A relação assinalada, no grupo PC, entre o compromisso dos membros superiores avaliado pelo MACS e o aumento do erro para baixo é igualmente consistente com esta interpretação e contribui mesmo para reforçá-la. Uma questão interessante, considerando que também no grupo controlo se verifica uma correlação entre maior lentidão na rotação e maior magnitude dos erros de localização, seria a de saber se os participantes controlo com menor velocidade de rotação tendem igualmente a ser mais lentos na execução de movimentos. Indicações nessa direcção provêm de estudos como os de Moreau, Mansy-Dannay, Clerc e Guerrién (2011), mostrando uma vantagem na rotação mental em pessoas com maior competência em execuções motoras complexas (e.g., atletas). Não é possível aferir o grau em que isso se verifica na nossa amostra

controlo. No entanto, a correlação assinalada, divergindo dos anteriores resultados de Munger et al. (1999) pode igualmente interpretar-se no caso dos participantes controlo, pelo menos provisoriamente, como reflectindo a inseparabilidade da percepção espacial e do planeamento da acção.

Qualitativamente, a modulação dos padrões do erro de localização pelas variáveis velocidade, distância e direcção do alvo apresentou-se semelhante nos dois grupos (PC e Controlo). De acordo com as tendências identificadas na literatura (Hubbard, 2005, 2006, 2010), a velocidade exibiu efeitos significativos na magnitude do MomRep, com velocidades mais elevadas a resultar em erros de localização superiores, e o aumento da distância percorrida pelo alvo resultou em erros de localização inferiores. A direcção do movimento virtualmente não apresentou efeitos (excepto em interacções pontuais de ordem elevada). Esta semelhança qualitativa entre os grupos foi igualmente registada no capítulo anterior, tanto no que se refere à rotação de letras como ao padrão das diferenças de TR entre trajectos laterais e mediais no caso das rotações mentais de mãos. A propósito deste último resultado, foi sugerido que a fenomenologia dos constrangimentos biomecânicos, enquanto revelada por tarefas de rotação mental, não difere entre participantes PC e Controlo, sendo as diferenças entre eles de natureza quantitativa (Martins et al., 2005; ver também capítulo anterior). Os resultados obtidos na tarefa de MomRep sugerem, analogamente, que processos perceptivos, perceptivo-motores e representativos similares subjazem à execução dos participantes PC e Controlo num contexto agora mais próximo de acções quotidianas significativas (e.g., seguimento/intercepção/evitamento) mobilizando a percepção do movimento e de eventos dinâmicos (ver Kelly & Freyd, 1987; Hubbard, 2005, 2006).

Tomados no seu conjunto, os dados desta primeira experiência demonstram inequivocamente um impacto das limitações motoras na magnitude do MomRep, condicionando assim o alcance de uma explicação do momento representacional assente unicamente em mecanismos de extrapolação perceptiva ou perceptivo-cognitiva do movimento do alvo.

6.3 EXPERIÊNCIA 2.1 B - CURSO TEMPORAL DO MOMENTO REPRESENTACIONAL COM LOCALIZAÇÃO MOTORA

O estudo do “curso temporal” do MomRep, isto é, do modo como a magnitude do erro se comporta em função de intervalos de tempo variáveis (atrasos) impostos entre o momento de desaparecimento do alvo e a resposta, iniciou-se poucos anos depois da proposta da noção de MomRep (Finke & Freyd, 1985; Freyd & Johnson, 1987). O interesse pelo curso temporal foi determinado pela analogia inicial com o momento físico: tal como o processo de travagem de um carro envolve um período de desaceleração até que o objecto se imobilize, assim a distorção mnésica correspondente ao análogo mental do momento físico deve constituir-se ao longo do tempo, aumentando durante um curto período. Por analogia ainda com o processo físico de paragem, a magnitude da distorção deveria ser influenciada pela velocidade da transformação mental (assumida como reflectindo a velocidade observada do alvo), com distorções tanto maiores quanto maior a velocidade e o intervalo de retenção. Finalmente, este crescimento do MomRep deveria atingir uma assíntota após um intervalo relativamente curto, deixando de aumentar a partir desse momento (Freyd & Johnson, 1987, p. 260).

Freyd e Johnson (1987) documentaram um aumento do MomRep até um máximo para intervalos entre os 200 e os 300 milissegundos, e um decréscimo para intervalos mais longos. O efeito previsto da velocidade manifestou-se nos intervalos mais curtos em valores de MomRep superiores para as velocidades maiores (com a magnitude do erro, grosso modo, correspondente à multiplicação da velocidade do alvo pela duração do intervalo) e um efeito inverso de redução do erro para diante, nos intervalos mais longos. O conjunto destes resultados foi explicado com base em dois processos opostos: a distorção mnésica para diante associada ao MomRep, predominante nos intervalos curtos; um efeito de média na memória (*memory averaging*), predominante nos intervalos longos e mais forte para velocidades mais elevadas, contribuindo para a redução do MomRep (Freyd & Johnson, 1987). As implicações de uma lentificação da imaginaria (menor velocidade da transformação mental) neste quadro são claras: menores valores de MomRep em cada um dos intervalos e, em particular, um menor valor do pico de MomRep.

Como a maioria dos estudos sobre o “curso temporal” do MomRep (Freyd & Finke, 1985; Halpern, & Kelly, 1993; Kerzel, 2000, 2002), o estudo de Freyd e Johnson recorreu ao método de resposta por sonda mnésica, sendo muito escassa a evidência

relativa aos efeitos do intervalo de retenção em tarefas de localização motora. Utilizando a localização por meio do cursor de um rato, De Sá Teixeira, Hecht e Oliveira (2013) e De Sá Teixeira e Oliveira (2014) reportaram uma tendência análoga à descrita por Freyd e Johnson (1987) para um aumento do MomRep até valores entre 150 e 300 ms, seguido de um decréscimo. Dado o carácter geral da interpretação avançada por Freyd e Johnson (1987) para o aumento do MomRep em intervalos curtos, as previsões decorrentes, quanto aos efeitos de uma lentificação da velocidade de transformação mental, deverão assim vigorar igualmente no domínio das respostas motoras. A presente experiência visou justamente comparar os grupos PC e Controlo quanto ao curso temporal do MomRep numa tarefa de localização motora.

6.3.1 MÉTODO

Participantes

Estiveram envolvidos neste estudo 22 participantes PC (14 M, 7 F), com idades compreendidas entre os 11 e os 43 anos ($M = 24$, $DP = 10$), seleccionados aleatoriamente entre os participantes da experiência anterior (2.1A). Treze destes participantes apresentavam quadros bilaterais. Entre os restantes, com quadros unilaterais, cinco apresentavam hemiplegias à esquerda e quatro hemiplegias à direita. O grupo controlo contou com 22 participantes TD (10 M, 12 F) com idades compreendidas entre os 11 e os 46 anos ($M = 28.27$, $DP = 9.40$), recrutados igualmente entre os participantes Controlo do estudo anterior.

Estímulos

Os estímulos foram os mesmos do estudo anterior (animações a 30 fps de um quadrado azul-escuro, com 1 cm de lado, deslocando-se horizontalmente sobre um fundo branco), com exclusão dos vídeos correspondentes à velocidade de 16 cm/s (mantendo-se assim as animações com velocidades de 2 e de 8 cm/s).

Procedimento e desenho experimental

O procedimento foi o mesmo da experiência anterior, com a diferença de que, após a desaparecimento do alvo, o participante aguardava um tempo variável (cinco intervalos possíveis) até ao surgimento, um pouco abaixo do centro do ecrã, do cursor do rato que assinalava o momento em que a resposta de localização poderia ser iniciada (Figura 33). Caso a resposta se iniciasse antes da aparição do cursor, o ensaio era anulado e substituído por um outro. A experiência correspondeu a um desenho experimental factorial de medidas repetidas 2 (Velocidade: 2 e 8 cm/s) × 4 (Distância percorrida: 5, 10, 20 e 24 cm) × 5 (Atraso: 150, 300, 450, 600 e 750 ms) × 2 (Direcção: esquerda, direita) × 2 (Replicações), num total de 160 ensaios.

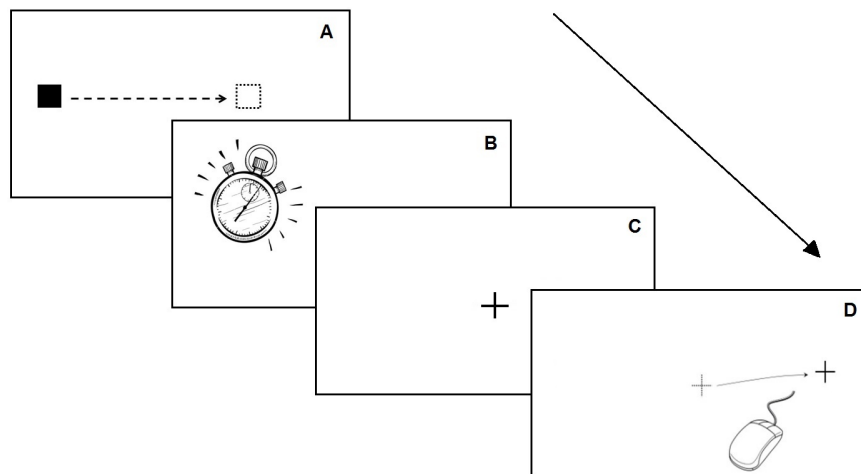


Figura 33. Representação esquemática da tarefa de MomRep com um atraso imposto entre o offset do estímulo e o início da resposta. (A) O alvo móvel (quadrado preto) surge em movimento e desloca-se a uma velocidade constante até desaparecer subitamente (quadrado a pontilhado). (B) O ecrã permanece vazio durante um intervalo de duração variável (de 150 a 750 ms). (C) O cursor do rato surge um pouco abaixo do centro do ecrã, assinalando que o participante deve dar a sua resposta. (D) o participante desloca o cursor até ao ponto que percebe como coincidente com a última posição do alvo.

6.3.2 RESULTADOS

Tal como na experiência anterior, as variáveis dependentes consideradas foram o erro de localização na horizontal (diferença medida em píxeis, na coordenada x , entre o local apontado pelo participante e o local de desaparecimento) e na vertical (diferença medida na coordenada y).

6.3.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa

A inspeção dos gráficos da Figura 34 revela, de acordo com a experiência anterior, valores superiores da magnitude do erro de localização, tanto no sentido do movimento (Gráfico A) como para baixo, ortogonalmente ao movimento (Gráfico B), no grupo PC. Esta superioridade verifica-se, além do mais, em todos os níveis de atraso (intervalo de retenção), sem exceção. Em si mesmo, o atraso imposto não parece produzir efeitos assinaláveis para qualquer dos erros (deslocamentos M e O) e em qualquer dos grupos (Controlo e PC). A única sugestão de um acréscimo do erro com o tempo diz respeito ao deslocamento-O no Grupo PC, que se torna ligeiramente “mais negativo” até um máximo atingido para o atraso de 600 ms. No caso do deslocamento-M, a sugestão no grupo PC é mesmo a de um leve decréscimo do erro até aos 600 ms.

A circunstância de o valor 0 (zero) de atraso não ter sido incluído nesta experiência não permite excluir, conclusivamente, uma subida do valor de erro no primeiro intervalo de retenção (150 ms), embora a evidência disponível na literatura, referida acima, aponte para acréscimos em intervalos tipicamente acima desse valor. Relativamente aos valores médios de erro obtidos na experiência anterior (com intervalo de retenção = 0) a magnitude dos erros no primeiro atraso, de 150 ms, apresenta-se claramente inferior no deslocamento-M (44.8 contra 65.3, no grupo PC; 25.7 contra 44.2, no grupo Controlo) e, embora de forma menos acentuada, também no deslocamento-O (-12.9 contra -15.1, no grupo PC; -4.9 contra -5.8, no grupo Controlo). Uma vez que as tarefas com e sem atraso foram contrabalanceadas entre os participantes, estas diferenças não são atribuíveis à ordem de execução das tarefas. Embora não seja legítima uma comparação directa, dado que o intervalo de retenção não constituía uma variável manipulada na experiência anterior, esta observação é, pelo menos, consistente com a inexistência de um acréscimo do erro aquando da introdução de atrasos na resposta.

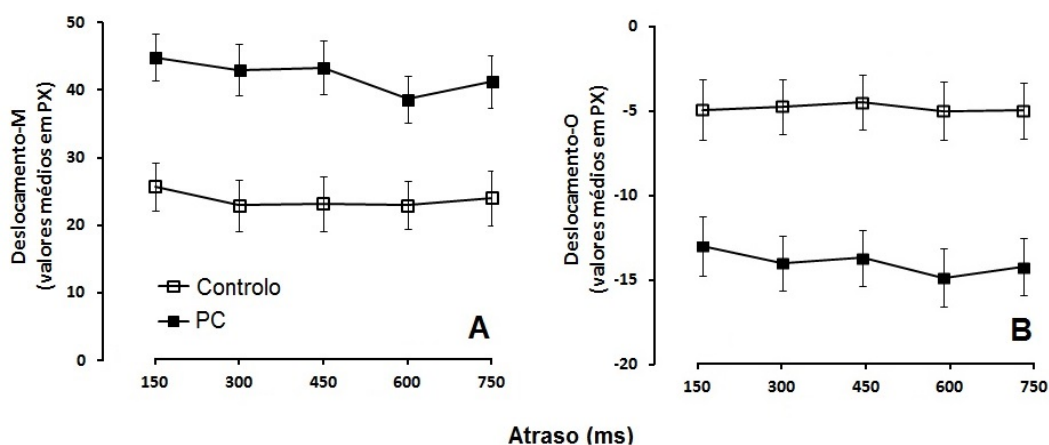


Figura 34. Magnitudes médias do deslocamento-M (Gráfico A) e do deslocamento-O (Gráfico B) em função dos atrasos impostos à resposta. Os valores do atraso encontram-se em abcissa e o factor Grupo (Controlo e PC) como parâmetro das curvas. As barras de erro correspondem ao erro padrão da média. As ordenadas dos dois deslocamentos não têm a mesma unidade, de modo a permitir apreciar visualmente os efeitos do atraso no deslocamento-O, com magnitudes consideravelmente inferiores ao deslocamento-M.

A análise estatística dos resultados suportou a diferença assinalada entre os dois grupos e a ausência de efeito do intervalo de retenção imposto. Uma ANOVA mista conduzida sobre os valores de deslocamento-M, com Grupo como factor entre-sujeitos e todos os outros factores como intra-sujeitos, revelou um efeito significativo de Grupo, $F(1, 41) = 14.06; p = .001$, e um F não significativo associado ao factor Atraso, $F(4, 164) = 1.87, p = .117$, que não apresentou também interacções significativas com quaisquer outros factores. A ANOVA conduzida sobre os valores de deslocamento-O revelou igualmente um efeito principal significativo de Grupo, $F(1, 42) = 15.64; p = .001$, e um resultado não significativo para Atraso, $F(3.17, 133.39) = 1.44, p = .234$. Este último factor não surgiu também associado a qualquer interacção significativa. ANOVAs de medidas repetidas realizadas separadamente para cada grupo e cada tipo de deslocamento (M e O) revelaram em todos os casos uma ausência de efeitos significativos do factor Atraso (menor dos $p = .173$, obtido no Grupo PC para o deslocamento-O).

Efeitos da Velocidade

O factor Velocidade produziu um efeito principal significativo na ANOVA mista sobre as magnitudes de deslocamento-M, $F(1, 41) = 156.6, p < .001$, bem como uma interacção significativa com a variável Grupo, $F(1, 41) = 4.53, p = .039$. Na ANOVA

equivalente conduzida para o deslocamento-O a Velocidade não apresentou quaisquer efeitos significativos, principais ou associados a interações.

Os gráficos da Figura 35 apresentam, separadamente para cada uma das duas velocidades (2 e 8 cm/s), e em cada um dos grupos, a magnitude do erro para diante (deslocamento-M) em função dos intervalos de retenção. O aumento dos valores do erro com a passagem para a velocidade superior é visível nos dois grupos (PC e Controlo) e em todos os intervalos de retenção, sendo esse aumento mais acentuado no grupo PC (é esse o sentido da interação Velocidade \times Grupo). Contrariamente aos resultados de Freyd & Johnson (1987), não se verificam efeitos diferenciados da Velocidade para intervalos curtos e longos, o que implicaria uma interação significativa Velocidade \times Atraso, ausente nas análises. Nenhuma evidência favorável a uma combinação multiplicativa da Velocidade e do Atraso, como a prevista por Freyd e Johnson para os tempos curtos, é igualmente aparente (a existir, este tipo de combinação deveria também manifestar-se por uma interação Velocidade \times Atraso).

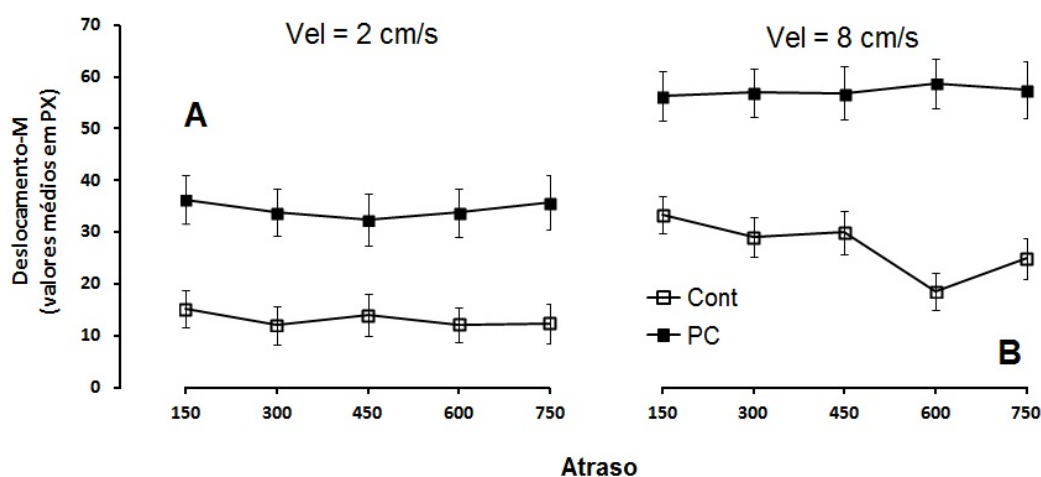


Figura 35. Magnitude do deslocamento-M em função do atraso imposto à resposta, representado separadamente para cada um dos níveis de Velocidade (Gráfico A: 2cm/s; Gráfico B: 8 cm/s) e distinguindo os dois Grupos de participantes (PC e Controlo). A ordenada é comum aos dois gráficos.

Efeitos da Distância

A Distância percorrida pelo alvo constitui uma variável menos relevante no quadro do estudo do curso temporal do MomRep, não tendo sido explicitamente considerada na literatura nem tão-pouco dado lugar a previsões formuladas com base na analogia com

o momento físico. De acordo com a tendência manifestada na experiência anterior, o seu efeito predominante consistiu numa diminuição dos valores do erro para diante e para baixo com níveis crescentes da distância percorrida. Para além de efeitos principais significativos documentados nas ANOVAS mistas conduzidas para cada um dos tipos de erro ($F(1.36, 55.62) = 13.08, p < .001$, para o deslocamento-M, e $F(2.24, 94.29) = 6.23, p = .002$, para o deslocamento-O) apresentou ainda várias interações: uma interação significativa Distância \times Grupo no deslocamento-M, $F(1.36, 55.62) = 8.41, p = .002$, e no deslocamento-O interações com a Velocidade, $F(3, 126) = 2.85, p = .04$, e com o factor Grupo, $F(2.24, 94.29) = 3.32, p = .035$. Estas interações apenas modularam a tendência dominante para uma redução da magnitude do erro com a distância. Em nenhum dos casos a Distância manifestou interações, seja de primeira ordem ou de ordem superior, com a variável Atraso.

6.3.2.2 Efeitos da severidade do compromisso funcional: subgrupos PC e correlações

Como no estudo anterior (2.1A), os participantes PC foram classificados quando ao seu grau de compromisso motor nas escalas MACS e GMFSC. Em resultado da participação nesta experiência de apenas 22 dos 48 participantes PC do estudo 3.1A, os níveis de MACS representados apenas contemplam os primeiros três níveis de severidade (dos cinco possíveis no MACS). Nas ANOVAS mistas conduzidas para cada um dos tipos de erro (M e O), com MACS e GMFSC como factores entre-sujeitos e Direcção, Velocidade, Distância e Atraso como factores intra-sujeitos, nenhuma diferença significativa emergiu entre os subgrupos PC ($F < 1$). Nenhuma interação entre qualquer dos factores entre-sujeitos e a variável Atraso foi também registada. No entanto, uma tendência para valores crescentes do erro para baixo (deslocamento-O) com o incremento do compromisso funcional dos membros superiores, avaliado pelo MACS, pode apreciar-se graficamente, apesar de não atingir expressão estatística – à semelhança do que acontecera já na experiência anterior.

Os dois gráficos da Figura 36 representam a magnitude de deslocamento-O em função dos níveis de atraso, em abcissa, e com os níveis de MACS como parâmetro da curva. Ambos ilustram a tendência assinalada para valores crescentes (mais negativos) do erro em função do compromisso funcional dos membros superiores em todos os valores de atraso impostos à resposta. Esta tendência emerge com maior clareza na velocidade mais alta (8 cm/s), correspondente aos dados apresentados no Gráfico B.

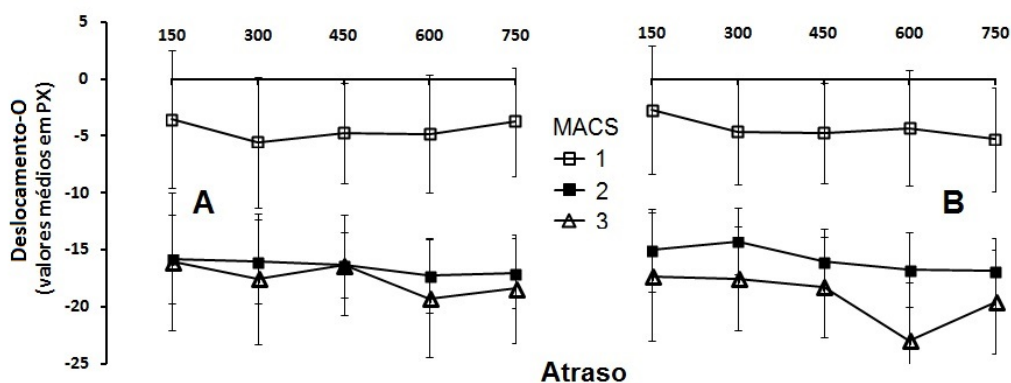


Figura 36. Gráfico A: Magnitude do deslocamento-O em função dos níveis de Atraso (em abcissa) e dos níveis de severidade do MACS (parâmetro da curva); valores agregados através das duas velocidades (2 e 8 cm/s). Gráfico B: Magnitude do deslocamento-O em função dos níveis de Atraso (em abcissa) e dos níveis de MACS (parâmetro da curva): valores registados na velocidade mais alta (8 cm/s). A ordenada é comum aos dois gráficos.

Diferentemente do estudo 2.1.A (MomRep com localização motora), nenhuma correlação significativa foi registada entre qualquer das medidas de compromisso funcional (MACS e GMFSC) e os valores médios de deslocamento-O obtidos para cada um dos valores de atraso, o mesmo sucedendo com as correlações envolvendo a média global de deslocamento-O calculada através dos cinco níveis de atraso imposto às respostas.

6.3.3 DISCUSSÃO

O principal resultado deste estudo, centrado na avaliação comparativa do efeito da introdução de intervalos de retenção (atrasos) entre o desaparecimento do alvo e o início da resposta nos grupos Controlo e PC foi a ausência de efeitos significativos da variável Atraso. As mesmas tendências registadas no estudo anterior – superioridade da magnitude do erro de localização no grupo PC (tanto no deslocamento-M como no deslocamento-O), aumento do valor do deslocamento-M com a velocidade, e redução da magnitude do erro com a distância em ambos os tipos de deslocamento – foram replicadas em cada um dos valores de Atraso.

A previsão, decorrente do quadro interpretativo de Freyd e Johnson (1987), de que uma menor velocidade de transformação mental deveria resultar numa redução comparativa do MomRep no grupo PC, em intervalos de retenção curtos, não se verificou, sendo mesmo contrariada pelos dados. O efeito inverso ao do aumento da velocidade nos intervalos de retenção curtos e longos, reportado em Freyd e Johnson (1987) (aumento do MomRep com a velocidade em intervalos curtos, diminuição em intervalos longos) não se verificou igualmente, tendo a velocidade apresentado um efeito crescente na magnitude do deslocamento-M em todos os intervalos de retenção. Tal como no estudo anterior (2.1A) estes resultados não são em si mesmo contraditórios com as previsões e resultados de Freyd e Johnson (1987), obtidos através de uma metodologia de resposta de sonda mnésica e recorrendo a movimento induzido (e não contínuo) do alvo.

Já a divergência com os resultados de De Sá Teixeira, Hecht e Oliveira (2013) e de De Sá Teixeira e Oliveira (2014) relativos aos efeitos do atraso (aumento do MomRep até valores entre 150 e 300 ms, seguido de um decréscimo) requerem uma outra ordem de considerações. As experiências realizadas nesses estudos basearam-se em respostas de localização com rato e utilizaram movimento contínuo do alvo, tal como o presente estudo. No entanto, diferentemente dos resultados aí reportados, nenhum efeito significativo do intervalo de retenção foi documentado no grupo Controlo nem no grupo PC. As razões para esta inconsistência não são claras. O presente estudo difere dos dois estudos citados na gama de velocidades utilizadas, de distâncias percorrida pelo alvo e ainda no contraste do alvo relativamente ao fundo. Uma sugestão provisória, condicional a replicações posteriores, é a de que os efeitos do atraso, em tarefas de localização motora, sejam dependentes de factores como a gama de velocidades, de distâncias, e/ou de factores perceptivos de “baixo nível” como o contraste alvo-fundo. Uma segunda razão possível para a diferença de resultados reside na ausência de um intervalo zero (0) no presente estudo, que não permite excluir um aumento dos deslocamentos entre 0 e 150 ms (no entanto, como assinalado acima, uma comparação com os valores de deslocamento-M ou O registados no estudo 2.1A, consideravelmente maiores do que os registados no presente estudo, não é favorável a esta interpretação).

No seu conjunto, os resultados são, como os do estudo anterior, contrários à hipótese de uma extrapolação perceptiva ou perceptivo-cognitiva do movimento do alvo suportada pela imaginaria. Admitindo, em alternativa, que a lentificação da imaginaria pudesse afectar não exactamente o curso da extrapolação, mas a eficiência (rapidez) do

processo de “interrupção” de uma extrapolação automática do movimento, a previsão – que nesse caso apontaria para valores de deslocamento-M superiores no grupo PC, o que se verificou – seria ainda assim divergente com os resultados encontrados. Com efeito, o pico do MomRep no grupo PC deveria, nesse cenário, ser mais tardio do que no grupo Controlo, em contraste com a ausência observada de efeitos devidos ao Atraso em ambos os grupos.

Os resultados são, entretanto, consistentes, como no estudo 3.1A, com um papel determinante do planeamento motor na magnitude do erro de localização – reflectindo, porventura, os hábitos de planeamento requeridos para a intercepção eficaz de objectos em movimento por parte de sujeitos com comprometimentos da execução motora (ver Marinovic et al., 2012). Esta interpretação convoca o tema da incorporação/corporização (*embodiment*) da percepção espacial, apontando para a inseparabilidade dos planos de acção e da especificação dos seus efeitos perceptivos (Jordan et al., 2002). Num sentido parente, a noção de que toda a previsão sensorial é constrangida pelo nosso repertório específico de acções (König & Krüger, 2006) foi recentemente proposta por König et al. (2013) como um “princípio computacional geral” (com a função, designadamente, de “tornar tratável” a complexidade do processamento sensorial). No mesmo sentido aponta ainda a hipótese da “especificidade corporal” da imaginaria motora (Willems et al., 2009), nos termos da qual a IM “envolve a geração de um plano de acção assente nos hábitos motores dos participantes e não apenas numa representação abstracta dos objectivos da acção” (p. 1). Em todos estes quadros, a experiência anterior (e específica) da relação activa com os objectos constitui a base dos processos de planeamento motor que “incorporam”, em função do propósito da acção (apontar, interceptar, agarrar ou evitar) os desvios da localização espacial percebida.

Tal como no estudo 2.1A, observaram-se correlações significativas entre o declive calculado para a rotação de letras e os deslocamentos para diante (valores médios calculados através dos cinco atrasos), $r(44) = .351, p = .02$, e para baixo (valores médios de deslocamento-O através dos níveis de Atraso), $r(44) = -.351, p = .019$. No entanto, nenhuma correlação significativa foi registada em cada um dos grupos entre os declives e a magnitude do deslocamento-M. Este resultado diferiu do obtido no estudo anterior, que verificou uma tendência, em ambos os grupos, para que participantes com menor velocidade de rotação (maior declive) fornecessem maiores erros para diante.

Estas correlações não podem tomar-se apressadamente como indicativas de uma relação directa entre lentificação da imaginaria (indexada por valores crescentes do

declive) e magnitude do erro. Na realidade, o conjunto dos resultados, como referimos, é contrário ao envolvimento de uma imaginaria de extrapolação do movimento (que resultaria em maiores deslocamentos com maiores velocidades de transformação mental) nas tarefas com resposta motora, e favorável antes a um papel determinante do planeamento motor. Os estudos disponíveis da relação entre imaginaria e planeamento motor têm demonstrado o impacto simultâneo de factores como o desenvolvimento motor (considerando distintos grupos de idade) ou a existência de défices motores (em particular no caso das pessoas com PC, designadamente hemiplégicos) em tarefas padrão de imaginaria (e.g., rotação mental de mãos), por um lado, e em tarefas que avaliam a precisão do planeamento (e.g., eficiência da “pega manual” de objectos apresentados em diferentes ângulos), por outro (Craijé, Elk, Beeren, van Schie, Bekkering, & Steenbergen, 2010; Toussaint et al., 2013). Estes estudos não estabelecem no entanto um impacto ou envolvimento directo da imaginaria, tal como medida pelas tarefas de IM, no planeamento de acção, e sim o impacto correlativo que um factor comum (grau de desenvolvimento/compromisso motor) tem em ambos os tipos de tarefa, comprometendo em ambos os casos a eficiência da execução.

As correlações verificadas ao nível do conjunto dos participantes (através dos dois grupos) entre declives e magnitude do deslocamento poderão assim interpretar-se, plausivelmente, como largamente determinadas pelo compromisso motor dos participantes com PC – compromissos com efeitos correlativos tanto ao nível da imaginaria mental como do planeamento da acção. Quanto às correlações significativas no interior de cada grupo, no primeiro estudo, para o deslocamento-M, é possível interpretá-las, analogamente, como o reflexo de diferenças individuais na qualidade da experiência e execução motoras, afectando tanto a imaginaria como o planeamento da acção (cf. Mansy-Dannay, Clerc, & Guerrién, 2011). A sua ausência no segundo estudo poderá resultar simplesmente de a redução do efectivo amostral de 48 para 22 participantes em cada grupo, corresponder a uma maior variabilidade do padrão das diferenças individuais associada à introdução de atrasos na resposta, ou ainda a uma combinação de ambos os factores.

Independentemente da discussão de alguns dos resultados de detalhe, o presente estudo evidencia, tal como o anterior, um claro impacto das limitações motoras (instanciadas pelo grupo PC) na magnitude do MomRep e, desse modo, a inadequação empírica, no quadro de tarefas com localização motora, de uma concepção unicamente perceptiva ou perceptivo-cognitiva do MomRep.

6.4 EXPERIÊNCIA 2.2 A - MOMENTO REPRESENTACIONAL COM SONDA MNÉSICA

A generalidade das conclusões das duas experiências anteriores encontra-se limitada pela utilização de um único formato de resposta. Sendo válidas para tarefas de MomRep com resposta de localização motora, deixam em aberto a questão do comportamento comparativo dos grupos PC e Controlo em tarefas assentes numa metodologia de sonda mnésica, envolvendo simplesmente uma decisão sobre se a localização da sonda coincide com a do alvo na sua última posição percebida (i.e., se é a mesma) ou não (i.e., se é diferente). Historicamente, o método da sonda mnésica foi o primeiro a ser utilizado no estudo do MomRep e predomina ainda largamente no conjunto da literatura publicada sobre o MomRep (cf. Hubbard, 2005, 2006). Em particular, o trabalho pioneiro de Munger et al. (1999a) sobre as relações entre velocidade de rotação mental e magnitude do MomRep, base para o quadro de previsões dos efeitos expectáveis de uma lentificação da IM nos participantes PC, foi realizado com uma metodologia de sonda. A inconsistência dos resultados das duas experiências anteriores com essas previsões (e com os resultados obtidos por Munger et al.) não exclui assim que elas possam, diferentemente, verificar-se no quadro que suportou originalmente a sua derivação – o das tarefas de MomRep assentes em julgamentos sobre a posição relativa (mesma ou diferente) do alvo e de uma sonda mnésica.

A possibilidade de o MomRep fornecer resultados distintos dependendo do formato de resposta abre caminho à consideração de que os erros de localização encontrados nos dois tipos de tarefas (localização motora *vs.* sonda mnésica) assentem em diferentes tipos de processos. Um quadro particularmente favorável a essa hipótese é o da distinção entre “percepção-para-o-reconhecimento” e “percepção-para-acção” (Goodale & Milner, 1992; Goodale & Humphrey, 1998; Milner & Goodale, 2006), alicerçado na existência de dois sistemas visuais funcional e neuroanatomicamente distintos, ainda que interagindo entre si, orientados, respectivamente, para a percepção dos objectos (via ventral) e para a acção sobre os objectos (via dorsal) (Ungerleider & Mishkin, 1982). Tarefas apelando a julgamentos perceptivos/cognitivos (e.g., método de sonda), por um lado, e a processos de planeamento/controlo motor (e.g., localização motora), por outro, convocam naturalmente, neste quadro, processos distintos, mesmo que ao serviço de uma função comum de previsão/antecipação que, para muitos, constitui o traço característico da “maquinaria cerebral” (cf. Buckingham & Goodale, 2013).

O dado conhecido de que a magnitude do MomRep é maior em tarefas com localização motora (Brouwer, Franz, & Thornton, 2004; Kerzel, 2003; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Marinovic et al., 2012) pode interpretar-se neste sentido como o efeito de um maior envolvimento de processos subjacentes à “percepção-para-a-ação”. A comparação entre grupos PC e Controlo em tarefas de MomRep permite recolocar a questão da distinção entre processos dependentes da modalidade de resposta (julgamento perceptivo *vs.* localização) de um outro ponto de vista: o de um eventual efeito diferencial dos compromissos motores que afectam os participantes PC nos dois tipos de tarefas. A resposta à questão assim colocada pode, por um lado, fornecer um apoio mais directo à tese de um papel determinante dos mecanismos relacionados com a acção eficaz nas tarefas de MomRep com localização motora, e contribuir, por outro, para o esclarecimento de um eventual papel diferencial da imaginaria nos dois tipos de tarefas (tendo em conta a lentificação da imaginaria nos grupos PC e o sentido das correlações de medidas de imaginaria com os erros de localização).

As duas experiências seguintes retomam no essencial as tarefas dos estudos 2.1A e 2.1B utilizando agora o julgamento da posição relativa de sondas mnésicas como modalidade de resposta, com um triplo objectivo: (1) Permitir uma comparabilidade directa com os resultados anteriores de Munger et al. (1999) relativos às relações da rotação mental de letras com o MomRep; (2) Investigar o perfil das diferenças entre participantes com PC e Controlo quanto à magnitude do deslocamento-M em tarefas envolvendo juízos perceptivos *vs.* localização motora; (3) Examinar as relações verificadas entre medidas de imaginaria e a magnitude do MomRep nos dois tipos de tarefas.

6.4.1 MÉTODO

Participantes

Participaram na experiência 22 pessoas com PC (10 M, 12 F) com idades compreendidas entre os 10 e os 56 anos ($M= 30.9$; $DP = 14$), correspondentes ao Grupo C, descrito na secção geral de metodologia do capítulo anterior, e 22 participantes Controlo (7 M, 14 F) com idades compreendidas entre os 8 e os 56 anos ($M= 29.7$; $DP = 14$). Este conjunto de participantes apenas realizou as tarefas de MomRep com sonda mnésica, sem e com atraso imposto entre a desapareição do alvo e a resposta, e a

tarefa de rotação mental de letras. Como sucedeu no conjunto dos participantes com PC, o valor médios de declive na tarefa da rotação de letras (uma medida da lentidão da imaginaria mental) foi superior neste grupo de 22 participantes PC ($M=14.51$; $EP=2.11$) ao verificado entre os participantes controlo ($M=8.63$, $EP=2.11$), resultando numa diferença estatisticamente significativa, $F(1, 42) = 3.864$, $p = .025$ (unilateral). Metade dos participantes em cada grupo (11) começou pela tarefa de rotação mental e os restantes pelas tarefas de MomRep. No interior das tarefas de MomRep, cerca de metade (seis) dos sujeitos começou pela tarefa sem intervalo de retenção precedendo a resposta. Todos os participantes do grupo PC foram previamente classificados nas escalas MACS, GMFCS e no teste B&B, e responderam ao *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ).

Estímulos

Os estímulos foram os mesmos utilizados nas experiências 2.1, envolvendo o movimento horizontal sobre um fundo branco, a uma velocidade constante, de um quadrado azul (1 cm^2) que desaparecia subitamente em diferentes pontos do ecrã (animações a 30 fps, apresentadas com uma taxa de refrescamento de 60 hz). Dado que na experiência precedente (resposta motora com imposição de atraso) a velocidade de 8 cm/s produziu os efeitos de deslocamento mais claros e com o objectivo de manter a extensão da presente experiência, no que se refere ao número de ensaios, dentro de limites praticáveis, apenas a velocidade de 8 cm/s foi agora utilizada.

Desenho experimental e procedimento

Como anteriormente, cada quadrado emergia, aleatoriamente, de cada um dos extremos do ecrã, e após deslocar-se um número variável de centímetros (5, 10, 20 e 24 cm), desaparecia subitamente. Um quadrado idêntico ao anterior (sonda) surgia num de sete locais do ecrã, centrados no local de desaparecimento do quadrado-alvo (posição 0) e desfasadas para diante ou para trás a intervalos de 6 píxeis (Figura 37). Para cada ponto de desaparecimento do alvo existiam assim sete posições possíveis da sonda, correspondentes a -18, -12, -6, 0 (a mesma), + 6, + 12 e + 18 píxeis de distância (o sinal negativo significa “para trás” e o sinal positivo “para diante”, sempre relativamente ao sentido do movimento). O quadrado-sonda foi apresentado por três vezes em cada uma das sete posições, de modo aleatório. Os participantes foram instruídos a responder “mesma” ou “diferente”, consoante considerassem a localização da sonda como

coincidente com a última posição percebida do alvo ou diferente desta. A experiência propriamente dita foi precedida por um bloco de treino, durante o qual os participantes receberam *feedback* sobre as suas respostas, de modo a apreenderem a gama e o grau de variação das posições da sonda. Freyd e Finke (1984) documentaram a ausência de efeitos do *feedback* nos erros mnésicos de localização. A experiência correspondeu a um desenho factorial de medidas repetidas 4 (Distância percorrida) x 7 (número de posições da sonda). O número total de ensaios, considerando o número de vezes que a sonda foi apresentada em cada posição (3 replicações), foi assim de 84.

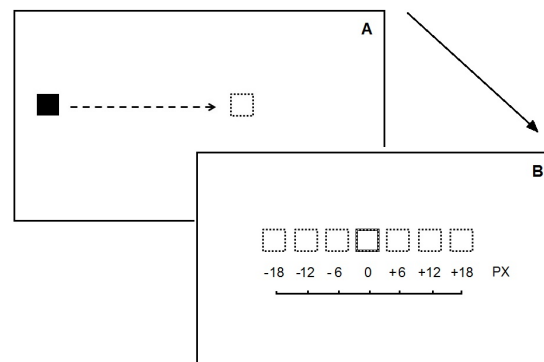


Figura 37. Representação esquemática da tarefa de MomRep com sonda mnésica. (A) O alvo móvel (quadrado preto) surge em movimento e desloca-se a uma velocidade constante até desaparecer subitamente (quadrado a pontilhado). (B) Um quadrado em tudo semelhante ao anterior é apresentado numa de 7 posições, incluindo a localização em que desapareceu (0 píxeis de diferença) e 6 outras centradas na anterior, separadas entre si por distâncias de 6 píxeis (o sinal positivo ou negativo assinala o sentido do afastamento à verdadeira posição).

6.4.2 RESULTADOS

A medida de MomRep (deslocamento-M) utilizada correspondeu ao método da média ponderada ilustrado, por exemplo, em Freyd e Jones (1994), Hubbard (1993, 2009) ou Munger et al. (1999b). O cálculo do deslocamento consistiu em, para cada ponto de desaparecimento e para cada participante, obter a soma dos produtos da percentagem de respostas “mesma” em cada posição da sonda pelo desfasamento em píxeis entre essa posição e o local de desaparecimento do alvo, dividindo em seguida este resultado pelo somatório das percentagens de respostas “mesma” obtidas no conjunto das posições. Este índice corresponde a uma média ponderada (pela percentagem de respostas “mesma”) dos desfasamentos. Um valor positivo indica um deslocamento para diante

da memória da posição do alvo (MomRep), e um valor negativo sinaliza um deslocamento para trás. A magnitude deste indicador assinala por sua vez a magnitude do deslocamento. Os valores obtidos por médias ponderadas mostraram-se semelhantes aos obtidos pela selecção do pico de uma curva quadrática ajustada à distribuição de respostas “mesma” no conjunto dos participantes, o método inicialmente adoptado por Freyd et al. (Freyd & Jones, 1994). Atendendo a que a posição da sonda não foi variada verticalmente (de modo a obter uma medida do deslocamento ortogonal ao movimento), apenas o deslocamento-M se encontra em análise nesta experiência.

6.4.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa

O resultado fundamental, ilustrado pela Figura 38, é o de uma magnitude de deslocamento-M inferior no grupo PC, contrariamente ao verificado nas tarefas com resposta motora, nas quais o MomRep apresentou valores significativamente superiores no grupo dos participantes com PC.

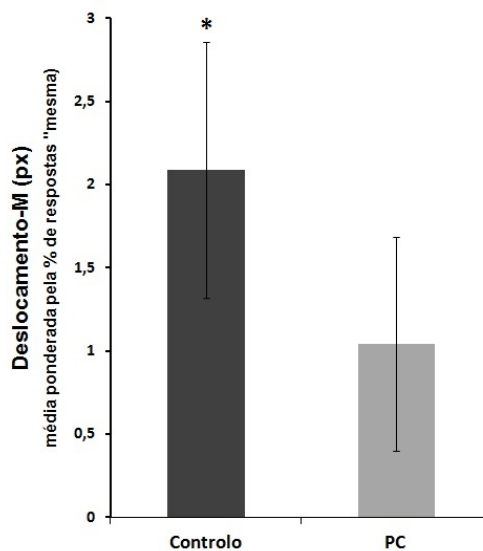


Figura 38. Magnitude de MomRep com resposta “mesma/diferente” (sonda mnésica) em cada um dos grupos. As barras de erro representam o erro padrão da média. O asterisco assinala a existência de uma diferença significativa em relação ao zero (0 px: ausência de erro de localização).

Esta diferença não teve expressão estatística numa ANOVA mista com Distância como factor intra-sujeitos e Grupo como factor entre-sujeitos, $F(1, 32) = 1.05, p = .305$. No entanto, enquanto o valor médio de MomRep se distinguiu significativamente de zero no grupo Controlo, $t(21) = 2.768, p = .012$, no grupo PC não atingiu o critério de significância, $t(21) = 1.76, p = .093$. Adicionalmente, com excepção do primeiro nível de Distância percorrida pelo alvo (5 cm), no qual os dois grupos apresentaram erros de localização muito aproximados (não se distinguindo estatisticamente de zero em ambos os casos), o MomRep dos participantes Controlo foi invariavelmente superior ao dos participantes com PC em todas as distâncias (Fig. 39), apresentando-se a diferença entre grupos no nível 2 de Distância, como marginalmente significativa, $F(1, 40) = 3.89, p = .056$.

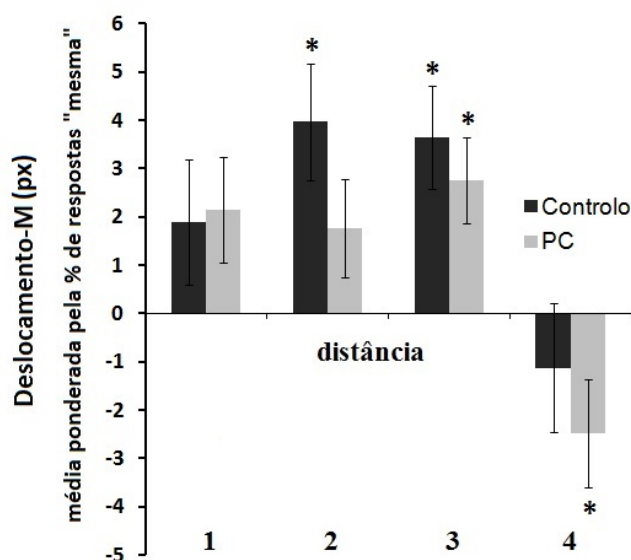


Figura 39. Magnitude de MomRep com resposta “mesma-diferente” (sonda mnésica) em cada um dos grupos em função da distância percorrida pelo alvo. As barras de erro representam o erro padrão da média. Os asteriscos assinalam diferenças significativas em relação ao zero (0 px: ausência de erro de localização).

O factor Distância apresentou, entretanto, efeitos principais significativos tanto na ANOVA mista global, $F(3, 96) = 10.086, p < .0001$, como nas ANOVAs de medidas repetidas conduzidas separadamente em cada grupo: $F(3, 38) = 4.421, p = .005$, no grupo Controlo; $F(3, 12) = 3.698, p = .043$, no grupo PC. Estas ANOVAs foram seguidas de comparações múltiplas aos pares com correcção de Bonferroni, que

revelaram diferenças significativas de deslocamento-M entre as distâncias 2 e 4 ($p = .04$) no grupo Controlo, e entre as distâncias 2 e 4 ($p = .021$) e 3 e 4 ($p = .22$) no grupo PC. Qualitativamente, o comportamento dos dois grupos em função da Distância foi semelhante, o que se traduziu numa ausência de interacção significativa Grupo \times Distância ($F < 1$). O padrão de evolução do deslocamento-M em função da distância diferiu em ambos os grupos do observado com respostas motora, apresentando uma tendência de crescimento até ao terceiro nível de distância (20 cm), ao invés do decréscimo consistente ilustrado com a localização motora.

6.4.2.2 Efeitos da severidade do compromisso funcional: subgrupos PC e correlações

Nenhum efeito principal significativo das classificações de severidade utilizadas (MACS, GMFSC) foi observado ($F_s < 1$), o mesmo valendo para as interacções MACS \times Distância ($F < 1$) e GMFSC \times Distância ($p = .111$). Dado manter correlações positivas significativas com ambas as medidas de severidade, a classificação pela tipologia clínica (TAL) foi igualmente examinada, não tendo apresentado quaisquer efeitos significativos (principal: $p = .300$; TAL \times Distância: $p = .252$).

Nenhuma correlação significativa emergiu também entre as classificações de severidade (MACS e GMFSC) e o deslocamento-M. Quanto à classificação por tipologia clínica (TAL), registou uma correlação negativa significativa com o erro de localização para diante no primeiro nível de Distância (5 cm), $r(22) = -.480, p = .024$, e uma correlação negativa próxima da significância (unicaudal) com o deslocamento-M agregado através das distâncias, $r(22) = -.333, p = .065$. Estes resultados apontam para uma diminuição do erro para diante com a passagem dos atáxicos para os hemiplégicos (afecção unilateral), diplégicos (afecção bilateral) e quadriplégicos (todos os membros afectados) espásticos. Numa ANOVA entre-sujeitos limitada às medidas de deslocamento-M na distância 1 (5 cm), o TAL surgiu associado a um contraste linear significativo ($p = .028$) (ver Figura 40 A).

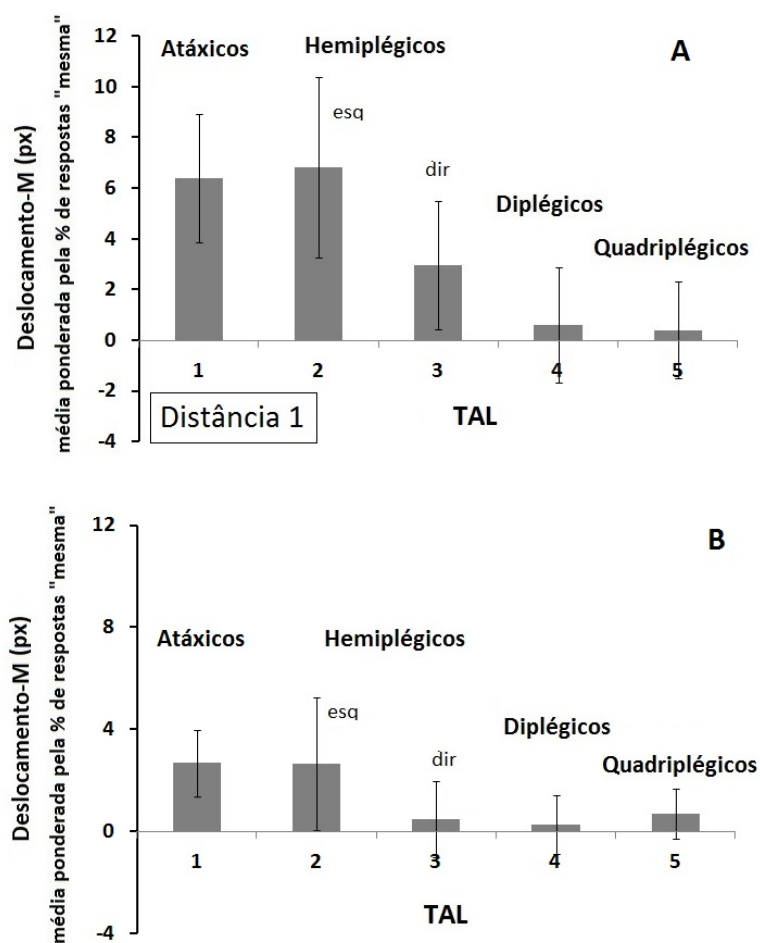


Figura 40. (A) Magnitude do deslocamento-M obtido na distância 1 (5 cm) em função da classificação topográfica do quadro de PC (TAL). (B) Magnitude dos valores médios de deslocamento-M agregados através de todos os níveis de Distância (5, 10, 20, 24 cm). As barras de erro representam o erro-padrão da média.

Apesar de não atingirem valores significativos, todas as correlações entre MACS e GME, por um lado, e o erro de localização, por outro, apresentaram também sentido negativo, exceptuando as que envolvem o nível 4 de Distância (24 cm), no qual se tornam positivas. Uma correlação positiva significativa foi por sua vez verificada entre o deslocamento-M no primeiro nível de Distância e a pontuação no B&B, uma medida de destreza manual global, $r(22) = .483, p = .023$. Com excepção da correlação envolvendo o quarto e último nível de Distância, as correlações do B&B com os valores de erro nas restantes distâncias e com o valor de MomRep agregado através

das distâncias mantêm-se de sinal positivo, apesar de não significativas. As medidas de vivacidade da imaginaria visual e motora (KVIQ) não produziram qualquer correlação significativa. Por fim, o declive calculado na tarefa de rotação de letras (uma medida da lentidão da rotação) correlacionou-se negativamente com o deslocamento-M no primeiro nível de distância no grupo PC, $r(22) = -.552, p = .004$ (unicaudal), e com o deslocamento-M no quarto e último nível de distância no grupo Controlo, $r(21) = -.380, p = .045$ (unicaudal).

6.4.3 DISCUSSÃO

Os resultados da experiência 2.2A evidenciam a inversão do sentido das diferenças entre os grupos em função do formato de resposta utilizado. Concretamente, ao contrário do que sucede com a resposta de localização motora, na qual os sujeitos PC produzem um deslocamento-M consistentemente superior aos participantes Controlo, são agora estes que fornecem valores de “erro para diante” superiores. Estes resultados restabelecem a compatibilidade com os estudos anteriores de Munger et al. (1999), nos quais os participantes com menor velocidade de transformação mental (aqui indexada pelo declive calculado na tarefa de rotação de letras) apresentam menores valores de MomRep. No entanto, mostram também que a lentificação da imaginaria, pelo menos enquanto avaliada por tarefas de rotação mental, não determina univocamente o sentido do impacto sobre o erro de localização, que depende criticamente da modalidade de resposta: maiores erros associados a maior lentificação no caso de respostas motoras de localização, menores erros associados a maior lentificação no caso de julgamentos perceptivos sobre a localização de sondas. Em geral, esta circunstância é consistente com a sugestão do envolvimento de distintos mecanismos em tarefas diferindo no formato de respostas, e em particular com um quadro de interpretação valorizando a diferença entre “percepção-para-a-acção” vs. “percepção-para-o-reconhecimento” (Goodale & Milner, 1992).

Como nas experiências do estudo 3.1, o comportamento do deslocamento-M em função da distância é qualitativamente similar em ambos os grupos. Do mesmo modo, tanto os participantes PC como Controlo apresentaram, consistentemente com a literatura (Kerzel, 2003; Kerzel & Gegenfurtner, 2003) valores de deslocamento-M

inferiores com o método da sonda mnésica (comparativamente ao da localização por meio do rato). Estas observações reforçam as indicações já procedentes das tarefas de rotação mental e das tarefas de MomRep com localização motora de uma semelhança básica entre os perfis de resultados de pessoas com PC e controlos sem compromisso motor. Entretanto, os efeitos da Distância distinguiram-se claramente daqueles verificados no estudo 3.1, com resposta de localização motora, exibindo agora uma tendência significativa de crescimento do deslocamento-M só interrompida na distância de 24 cm. O contraste com a tendência significativa para a redução do deslocamento-M com o crescimento da distância no estudo 3.1 (tendência reportada noutros estudos com resposta de localização) contribui para reforçar a sugestão do envolvimento de diferentes mecanismos nos dois tipos de tarefas.

A questão da diferença de mecanismos nas duas tarefas (motora e perceptiva) suscitada pela inversão do sentido das diferenças entre os grupos envolve a da possível relação da imaginaria mental com o MomRep. Enquanto os resultados do estudo 3.1 são inconsistentes com uma função de extrapolação perceptiva ou cognitiva-perceptiva da imaginaria, os resultados da presente experiência são compatíveis com o envolvimento no MomRep (em tarefas de julgamento perceptivo) de uma imaginaria de prolongamento do movimento para além do ponto de desaparecimento do alvo: nesta eventualidade, a lentificação da imaginaria prevê justamente um menor deslocamento-M entre os participantes com menor velocidade de transformação mental, no caso vertente o grupo PC.

O sentido das correlações assinaladas, em ambos os grupos, entre os declives calculados na rotação mental de letras e a magnitude do deslocamento-M em algumas das condições de distância percorrida pelo alvo (maiores declives associando-se a menores deslocamentos) favorece adicionalmente essa interpretação. No entanto, a dificuldade identificada no estudo 3.1 quanto à interpretação das correlações como indicativas de um impacto directo (causal) da imaginaria no MomRep mantém-se, sendo necessária para o efeito evidência adicional. A ausência de correlações envolvendo as pontuações dos questionários de vivacidade da imaginaria (KVIQ), em particular com as medidas de declive na rotação de letras, sugere uma diferença entre os aspectos da imaginaria relevantes para a rotação mental e, eventualmente, para o MomRep, e aqueles implicados na facilidade e intensidade da imaginação (Hishitani, Miyazaki, & Motoyama, 2011).

A tendência observada para uma redução do deslocamento-M no interior do grupo PC com os níveis sucessivos da classificação topográfica TAL (atáxicos, hemiplégicos

espásticos esquerdos e direitos, diplégicos e quadriplégicos espásticos), que reflecte, em larga medida, o número de membros afectados pela PC, contrasta com o relevo tomado pelas classificações de severidade MACS e GMFSC nas tarefas do estudo 3.1 (associadas a uma tendência de aumento dos deslocamentos-M e O com resposta motora). Esta observação parece ser igualmente consistente com o envolvimento de mecanismos distintos nos dois tipos de tarefa de MomRep.

6.5 EXPERIÊNCIA 2.2 B - CURSO TEMPORAL DO MOMENTO REPRESENTACIONAL COM SONDA MNÉSICA

A presente experiência retoma a investigação do deslocamento-M com metodologia de sonda mnésica no contexto da introdução de intervalos de retenção (atrasos) entre o desaparecimento do alvo e o início da resposta, com o propósito de caracterizar comparativamente a evolução do erro de localização com o tempo nos grupos PC e Controlo.

6.5.1 MÉTODO

Participantes

Os mesmos da experiência anterior (22 PC e 22 Controlo).

Estímulos

Os estímulos foram os mesmos da experiência anterior, com a diferença de que as distâncias percorridas pelo alvo foram neste caso de 10, 16 e 20 cm. A diferença nas distâncias utilizadas resultou, por um lado, da necessidade prática de compensar o importante aumento do número de ensaios devido à introdução de um novo factor com quatro níveis (atraso temporal), levando ao abandono da distância de 24 cm, na qual o deslocamento-M apresentou valores negativos em ambos os grupos na experiência anterior. Por outro lado, tendo os dois grupos apresentado, na experiência anterior,

magnitudes de MomRep virtualmente idênticas no primeiro nível de Distância (5 cm), optou-se por utilizar agora uma distância intermédia entre os 10 e os 20 cm como forma de facilitar a expressão de diferenças entre os grupos na evolução do MomRep. Apesar de estas diferenças, introduzidas com o propósito específico de comparar os grupos quanto ao curso temporal do MomRep, uma comparabilidade directa entre esta experiência e a anterior mantém-se possível para as distâncias de 10 e 20 cm.

Desenho experimental e procedimento:

O desenho experimental correspondeu a um plano factorial de medidas repetidas 3 (Distância percorrida: 10, 16, 24 cm) x 4 (Atrasos: 300, 450, 600, 750 ms) x 3 replicações. O número de sondas mnésicas utilizado para cada condição foi, de novo com o objectivo de reduzir o número total de ensaios, diminuído de sete para cinco: -12, -6, 0, +6, +12 px. Os resultados da experiência anterior indicaram que esta amplitude de variação das sondas é largamente suficiente para o cálculo do MomRep. Considerando o número de condições determinado pelo plano factorial e o número de sondas utilizado, o número de ensaios totalizou assim 180. O procedimento seguido foi idêntico ao da experiência anterior, devendo o sujeito decidir se a posição da sonda era a mesma (botão direito do rato) ou diferente (botão esquerdo do rato) da do alvo no momento do seu desaparecimento. Diferentemente da experiência anterior, a sonda surgia após um intervalo de retenção variável, impondo assim um atraso variável à resposta (ver Figura 41).

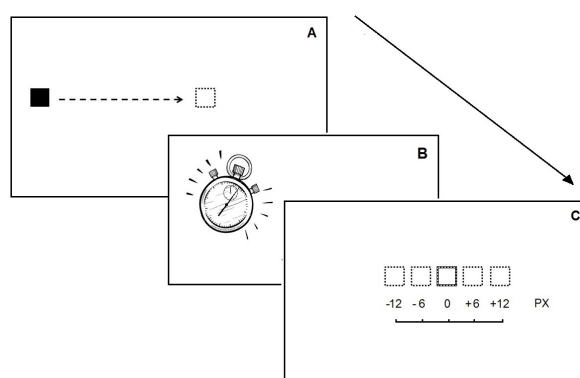


Figura 41. Representação esquemática da tarefa para o estudo do curso temporal do MomRep com utilização de sondas mnésicas. (A) O alvo móvel (quadrado preto) surge em movimento e desloca-se a uma velocidade constante até desaparecer subitamente (quadrado a pontilhado). (B) Um intervalo de duração variável (300-750 ms) segue-se ao desaparecimento do alvo. (C) Um quadrado idêntico ao anterior (sonda mnésica) é apresentado numa de cinco posições, incluindo o local de desaparecimento do alvo (0 píxeis de diferença). O sinal positivo ou negativo no painel C assinala o sentido do afastamento à verdadeira posição.

6.5.2 RESULTADOS

A variável dependente considerada foi o MomRep (deslocamento-M), calculado, como na experiência anterior (2.2A), pelo método da média ponderada (Freyd & Jones, 1994; Munger et al., 1999b).

6.5.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: análise comparativa

As Figuras 42 e 43 resumem o comportamento do deslocamento-M em cada um dos grupos em função dos atrasos impostos à resposta. Os dados da Figura 42 correspondem aos valores médios de MomRep obtidos para os níveis 1 e 3 da Distância percorrida pelo alvo (10 e 20 cm respectivamente), e incluem, para fins comparativos, o erro de localização médio de cada um dos grupos na experiência anterior, sem intervalo de retenção (atraso zero), nas mesmas condições de Distância (10 e 20 cm). Apesar de esta comparação dever ter em conta que o contexto das duas experiências é distinto (o que na figura é assinalado pelas linhas a tracejado), contrariamente ao sucedido no estudo 2.1, com resposta de localização motora, os valores obtidos sem imposição de atraso à resposta são agora inferiores aos observados com introdução de intervalos de retenção. Adicionalmente, o crescimento do deslocamento-M com o intervalo de retenção apresenta um pico no intervalo de 600ms no grupo PC, e no intervalo de 450 ms no grupo Controlo.

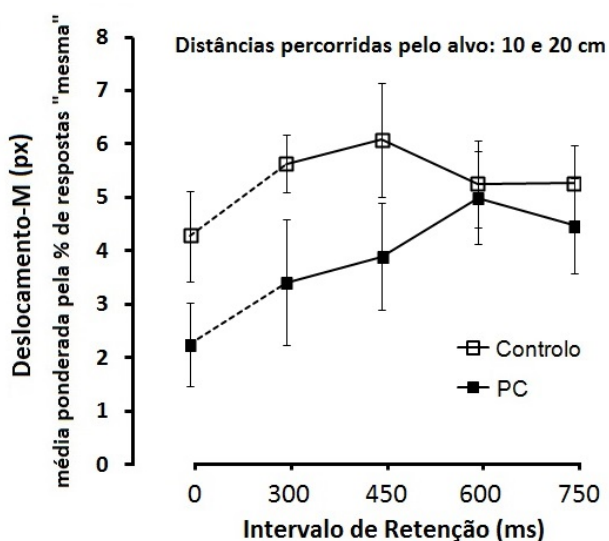
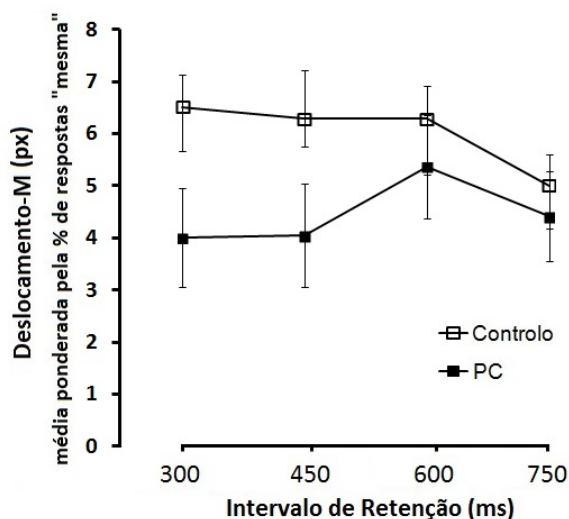


Figura 42. Magnitude do deslocamento-M em função do intervalo de retenção (atraso) imposto à resposta. As barras de erro correspondem ao erro-padrão da média. Os pontos correspondem às médias dos valores de deslocamento-M obtidos com trajectos do alvo de 10 e 20 cm até ao seu desaparecimento. Os valores para o intervalo de retenção zero (0) foram obtidos na experiência anterior a partir das distâncias 10 e 20 cm. As linhas a tracejado assinalam que estes últimos valores foram introduzidos no gráfico para fins comparativos, não pertencendo à mesma série empírica.

Figura 43. Magnitude do deslocamento-M em função do intervalo de retenção (atraso) imposto à resposta. As barras de erro correspondem ao erro-padrão da média. Os pontos correspondem às médias dos valores de deslocamento-M agregadas através dos três níveis de Distância percorrida pelo alvo (10, 16 e 20 cm).



A Figura 43, que representa os valores médios de deslocamento-M agregados através dos três níveis de Distância (10, 16, 20 cm), fornece idênticas indicações quanto à ocorrência de um pico mais tardio (no intervalo dos 600 ms) para o grupo PC, enquanto o pico do grupo Controlo se situa agora nos 300 ms.

Uma ANOVA mista geral, com Distância e Atraso como factores intra-sujeitos e Grupo como factor entre-sujeitos, revelou apenas um efeito principal significativo da Distância, $F(2, 56) = 10.57, p < .001$. Nas ANOVAs de medidas repetidas realizadas separadamente em cada grupo, a Distância voltou a revelar um efeito significativo em ambos os grupos, $F(2, 30) = 5.85, p = .007$ no grupo Controlo, $F(2, 26) = 5.16, p = .013$ no grupo PC, associado a uma elevação dos valores do erro para diante com o aumento da extensão do trajecto do alvo (ver na Figura 44, separações verticais entre linhas). Esta tendência é contrária à verificada na experiência 2.1, com respostas de localização motora, na qual acréscimos da Distância se acompanhavam de redução nos valores do deslocamento-M.

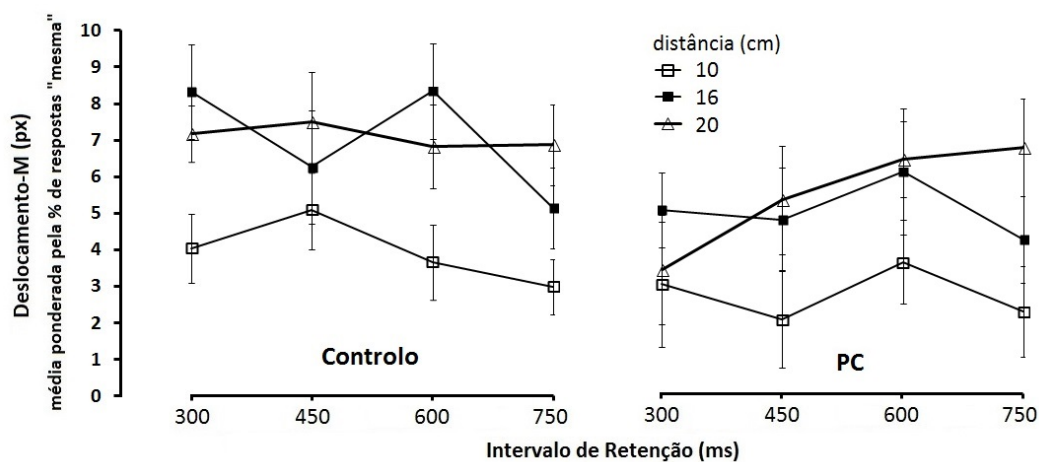


Figura 44. Magnitude do deslocamento-M em função do intervalo de retenção em cada um dos grupos (Controlo à esquerda, PC à direita). As barras de erro representam ao erro-padrão da média. A distância percorrida pelo alvo constitui o parâmetro das curvas, podendo observar-se um aumento do deslocamento-M com a distância (distâncias verticais entre as linhas).

O factor Atraso apresentou um contraste linear significativo no grupo Controlo, $F(1, 15) = 6.49, p = .022$, associado à tendência decrescente do deslocamento-M com o aumento do intervalo de retenção. No grupo PC, os efeitos do factor Atraso não tiveram expressão estatística significativa. No entanto, a tendência para um pico mais tardio do erro para diante comparativamente ao grupo Controlo repete-se consistentemente em todos os níveis de distância (Figura 44). Nas distâncias de 10 e 16 cm esses picos ocorrem no intervalo de 600 ms, e na distância 20 no intervalo de 750 ms, não podendo excluir-se que pudesse ainda crescer para intervalos mais longos. Em contraste, os picos no grupo Controlo ocorrem nos 450 ms para as distâncias 10 e 20 cm, e nos 300 e 600 ms (valores equivalentes de 8.33 e 8.34 px, respectivamente) para a distância 16 cm. Como assinalado antes, as diferenças entre grupos não se mostraram significativas e tão pouco as interações Grupo \times Distância e Grupo \times Atraso.

6.5.2.2 Efeitos da severidade do compromisso funcional: subgrupos PC e correlações

Tal como na experiência anterior (2.2A), nenhum efeito principal significativo das classificações de severidade (MACS, GMFSC) ou da classificação clínica da tipologia (TAL) foi observado (menor valor de $p = .244$, associado aos níveis de

TAL). Do mesmo modo, nenhuma interação entre qualquer destas classificações e os factores intra-sujeitos (Distância e Atraso) atingiu a significância estatística (menor p observado = .102, associado à interação GMFSC \times Atraso).

Não se registaram correlações significativas entre as classificações de severidade (MACS e GMFSC) e o deslocamento-M, seja considerado através das distâncias (valor médio agregado) ou para cada distância (10, 16, 20 cm) separadamente (valor médio por distância). A classificação tipológica dos participantes PC (TAL) registou, no entanto, uma correlação negativa significativa quer com o valor médio agregado de deslocamento-M, $r(22) = -.528$, $p = .012$, quer com erro de localização na distância de 10 cm, $r(20) = -.558$, $p = .011$, significando que com a passagem da ataxia à hemiplegia espástica, à diplegia espástica e à quadriplegia espástica (isto é, grosso modo, com o aumento do número de membros afectados) o MomRep apresenta uma tendência de diminuição (Figura 45).

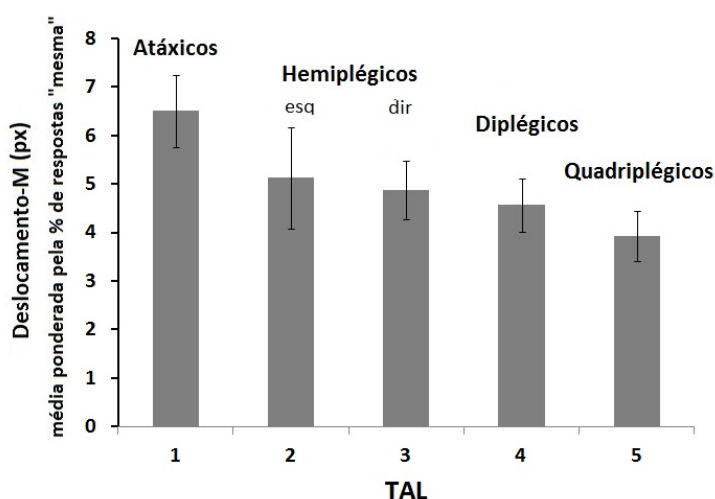


Figura 45. Magnitude do deslocamento-M em função da classificação topográfica do quadro de PC (TAL). As barras de erro representam ao erro-padrão da média. Os valores de deslocamento-M correspondem a médias agregadas através dos níveis de Distância e de Atraso.

O teste B&B, que avalia a destreza manual, apresentou uma correlação positiva significativa com o deslocamento-M médio agregado, $r(22) = .507$, $p = .016$, e com o deslocamento-M médio na distância 10 cm, $r(20) = .575$, $p = .008$ (e correlações negativas com o MACS, $r(22) = -.658$, $p = .001$, GMF, $r(22) = -.652$, $p = .001$, e TAL, $r(22) = -.743$, $p < .001$). Nenhuma correlação significativa foi registada no grupo PC

envolvendo o declive calculado na tarefa de rotação mental de letras (um índice da lentidão de rotação) ou as medidas de vivacidade de imaginaria visual e motora fornecidas pelos questionários KVIQ. No grupo Controlo, por sua vez, o declive calculado para a rotação de letras correlacionou-se negativamente com o deslocamento-M na distância 16 cm, $r(18) = -.614, p = .007$, e com o valor médio agregado do erro de localização para diante, $r(22) = -.368, p = .046$ (unicaudal), um resultado verificado igualmente com as correlações calculadas através do conjunto dos participantes (grupos agregados: $r(36) = -.412, p = .012$; $r(44) = -.265, p = .041$, unicaudal).

6.5.3 DISCUSSÃO

O principal resultado desta experiência residiu na observação de picos de deslocamento-M consistentemente mais tardios (a partir de intervalos de retenção de 600 ms) no grupo PC comparativamente ao grupo controlo (picos situados tipicamente nos 450 ms), apesar de os valores do erro de localização se manterem sistematicamente inferiores nos participantes PC (ver Figuras 42 e 43). Este resultado é compatível com a intervenção de uma imaginaria de extrapolação do movimento no deslocamento-M em tarefas de julgamento perceptivo. Na realidade, como indicado no início do capítulo (ver “Cenários previsionais”), dois resultados seriam aqui compatíveis com o impacto de uma lentificação da imaginaria de extrapolação perceptivo-cognitiva: (1) um pico (magnitude máxima) de MomRep inferior no grupo PC, o que ocorreu; e/ou (2) um pico mais tardio no curso temporal do MomRep dos participantes PC, o que se verificou igualmente. A mera ocorrência do resultado (1), desacompanhada do (2), seria consistente com as previsões. O facto de ambos se terem verificado sugere uma relação possível, nos participantes com PC, entre o curso temporal do MomRep com juízos perceptivos (maior intervalo de extrapolação comparativamente ao controlo) e a maior magnitude de deslocamento-M com respostas de localização motora (maiores distâncias percorridas para a localização). Esta sugestão é compaginável com a tese de uma origem comum da imaginaria de transformação (sob qualquer forma) nos recursos de planificação e controlo motor associados à nossa acção sobre os objectos (Wexler et al., 1998; White, 2012; Wohlschläger & Wohlschläger, 1998). Nesta lógica de interpretação, a localização temporal do pico de deslocamento-M exprimiria ainda

os hábitos de antecipação motora adquiridos na relação eficaz com os objectos (e.g., acções de seguimento, intercepção, evitamento: Marinovic et al., 2012; White, 2012). A correlação positiva verificada entre o B&B, uma medida de destreza manual global, e o aumento do valor de deslocamento-M, converge com esta interpretação.

As principais tendências assinaladas na experiência anterior resultaram confirmadas nesta experiência, que incluiu um factor de Atraso de resposta adicional. Acréscimos da distância percorrida pelo alvo produziram um aumento do valor do erro para diante (contrariamente aos observados com respostas de localização motora). A classificação tipológica dos participantes PC (TAL) e não, como na experiência 2.1, as classificações de severidade da limitação funcional MACS e GMFSC, emergiu como associada a uma tendência de redução do erro de localização para diante. As medidas de vivacidade de imaginaria não apresentaram qualquer correlação significativa com outras variáveis. Diferentemente do ocorrido na experiência anterior, apenas o grupo Controlo apresentou uma correlação significativa, de sentido negativo, entre os valores de declives calculados na tarefa de rotação mental e a magnitude do deslocamento-M. Apesar de apresentarem igualmente um sentido negativo, as correlações equivalentes no grupo PC não tiveram expressão estatística. A interpretação desta diferença não é clara, podendo reflectir um padrão menos definido das diferenças individuais no grupo PC em função dos vários níveis de atraso impostos à resposta.

6.6 DISCUSSÃO GERAL DO CAPÍTULO

*Nunca pense antes de agir*²⁰

Escher (1921, citado por Tjaabes, 2010)

O conjunto dos resultados obtidos neste capítulo documenta, em primeiro lugar, a existência de diferenças com um padrão bem definido entre participantes com PC e participantes Controlo, manifestando-se sob a forma de maior MomRep no grupo PC

²⁰ “Nunca pense antes de agir” foi o título que M. C. Escher (1898-1972) deu a uma pequena xilogravura de 1921 na qual um homem percorre um caminho estreito, à beira do abismo, levando, na mão, uma lanterna.

com respostas de localização motora e menor MomRep neste mesmo grupo (comparativamente aos Controlo) quando a tarefa apenas requer julgamentos perceptivos. A existência de um impacto da PC no domínio das chamadas representações dinâmicas (Freyd, 1987), que detêm um papel potencialmente importante na articulação da percepção e da acção (ver, para a tese do seu envolvimento na compensação dos atrasos neurais, Hubbard, 2006; Nijhawan, 2008; Marinovic et al., 2012), pode assim considerar-se estabelecida. Considerando que as perturbações do controlo e da execução motora constituem o traço característico dos quadros de PC (Rosenbaum et al., 2007) e, mais recentemente, do planeamento motor (Craje et al., 2010; Steenbergen et al., 2007; Mutsaerts et al., 2006), o mesmo resultado estabelece também, em simultâneo, a modulação do MomRep por factores de natureza motora, questionando as leituras exclusivamente perceptivas ou perceptivo-cognitivas do erro de localização para diante (Jordan et al, 2002; Jordan & Knoblich, 2004; Jordan & Hunsinger, 2008).

Relativamente a este último aspecto, importa salientar que a assimetria das diferenças entre grupos PC e Controlo, em função do formato de resposta utilizado (localização motora ou julgamento perceptivo), constitui um dado distinto da verificação recorrente de maiores magnitudes do erro no sentido do movimento com respostas de localização (De Sá Teixeira & Oliveira, 2011; Kerzel, 2003; Kerzel & Gegenfurtner, 2003). Concretamente, esta assimetria salienta que limitações da motricidade afectam diferencialmente os dois tipos de tarefas de MomRep, o que constitui uma sugestão directa da existência de diferentes mecanismos subjacentes ao erro de localização em cada um dos casos, e da modulação desses mecanismos por variáveis de natureza sensoriomotora.

Para além da inversão do sentido das diferenças verificadas entre os grupos PC e Controlo, vários resultados nos quais os participantes dos dois grupos apresentam, pelo contrário, semelhanças qualitativas, apontam também para diferenças nos mecanismos subjacentes aos dois tipos de tarefa. Um deles envolve os efeitos da distância percorrida pelo alvo (ou, como esclarecido acima, do seu local de desaparecimento), cujo aumento reduz a magnitude do deslocamento-M com localização motora e a incrementa no caso de julgamentos perceptivos sobre a localização de sondas mnésicas. Entre as duas possibilidades de que (1) a redução do deslocamento para diante com a distância em tarefas de localização motora se deva a factores de contexto espacial, como a proximidade aos bordos do ecrã, ou (2) a factores sensoriomotores associados ao planeamento e execução de movimentos amplos para longe do plano medial, este resultado

(de acordo com o nosso melhor conhecimento, nunca reportado na literatura) favorece claramente a segunda.

Um segundo resultado partilhado pelos dois grupos é o da inversão do sentido das correlações entre o declive calculado na rotação de letras (cujo aumento reflecte uma menor velocidade de rotação mental) e a magnitude do deslocamento-M. Tanto ao nível do conjunto dos participantes como em cada um dos grupos, esta correlação foi positiva no caso das tarefas com localização motora – associando assim maior lentidão da imaginaria mental a um maior deslocamento-M (e mesmo, no caso do conjunto dos participantes, a um maior deslocamento-O). No caso dos julgamentos perceptivos, tanto ao nível do conjunto dos participantes com PC como no grupo Controlo, a mesma correlação foi negativa, associando assim maior lentidão da imaginaria a menores valores do deslocamento-M.

Para além de suportar o envolvimento de diferentes mecanismos nos dois tipos de tarefa, este último resultado suscita a questão específica da relação entre IM e MomRep, nos termos em que foi colocada na abertura do capítulo. A relação entre maior MomRep e maior lentidão da rotação mental nas tarefas motoras é contrária às previsões deriváveis da hipótese do envolvimento de uma imaginaria visual com a função de suportar a representação do movimento do alvo após o seu desaparecimento. Pelo contrário, a associação entre maior lentidão da imaginaria e menor magnitude de MomRep nas tarefas de julgamento perceptivo é consistente com a intervenção de uma imaginaria visual de extrapolação da trajectória, já sugerida antes por Munger et al. (1999a) no contexto de tarefas de MomRep e defendida, em geral, por autores como Rosenbaum (1975), que reconhece à imaginaria uma função de extensão cognitiva do movimento (ou de propriedades desse movimento, como a velocidade).

Indicações similares podem retirar-se dos resultados obtidos com a introdução de atrasos (intervalos de retenção) entre o momento de desaparecimento do alvo e a resposta. Na tarefa com localização motora nenhum dos grupos apresentou efeitos do factor Atraso, não se registando, por conseguinte, diferenças entre grupos quanto ao momento do pico de MomRep. Na tarefa de sonda mnésica, o grupo PC apresentou um pico de deslocamento-M consistentemente mais tardio do que o do grupo Controlo (tipicamente, 600 ms contra 450 ms). Embora o envolvimento de uma imaginaria de extrapolação lentificada previsse apenas que no seu pico (valor máximo) o deslocamento-M teria uma magnitude inferior no grupo PC (o que se observou), a circunstância de desse pico ser mais tardio do que no grupo Controlo acrescenta a sugestão de uma

extrapolação mais prolongada no tempo, porventura de modo a compensar o menor ritmo da extrapolação. Esta leitura é consonante com a proposta de que o MomRep se inscreve no quadro dos mecanismos de compensação dos atrasos neurais entre a percepção e a acção (Hubbard, 2006; Nijhawan, 2008) e permite compatibilizar os resultados das tarefas de localização motora e de julgamento perceptivo à luz de uma função comum de antecipação, servida por mecanismos distintos mas ordenada a um mesmo objectivo: favorecer a acção eficaz sobre os objectos em movimento (Clark, 2011; Grush, 2004; White, 2012).

Face à distinção proposta na literatura entre IV e IMot (Jeannerod, 1994; Johnson, 2000; Parsons, 1994; Sirigu & Duhamel, 2001), pode perguntar-se, afastado o envolvimento de uma IV extrapolatória nas tarefas com localização motora, sobre o potencial envolvimento da IM neste tipo de tarefas de MomRep. As medidas de IM disponíveis no nosso estudo resultam da tarefa de rotação mental de mãos (Cooper & Shepard, 1975; Parsons, 1987; Parsons, 1994) da qual retirámos três índices: (1) a diferença entre trajectórias laterais e mediais da rotação (DIFF), considerada como um reflexo das diferenças de dificuldade biomecânica dos dois movimentos; (2) o declive (razão entre as diferenças de tempo e a distância angular de rotação) calculado para a rotação de mãos no PV 1 (a cujos resultados é possível ajustar razoavelmente um modelo linear); (3) uma medida de velocidade de rotação calculada para a trajectória lateral das mãos no PV 2 em todos os participantes que apresentaram um pico nos 90° de rotação. A circunstância de os participantes com PC apresentarem DIFF significativamente superiores aos participantes Controlo (contrariamente aos resultados de Mutsaerts et al., 2007, e de Crajé et al., 2010) desfavorece a hipótese de um comprometimento da IM entre os indivíduos com PC, e é consistente com a expressão de dificuldades biomecânicas aumentadas (pelo menos ao nível da função manual, ou dos membros superiores). Os declives, por seu lado, constituem medidas da velocidade de rotação mental, podendo ser tomados como um indicador das diferenças individuais quanto à maior ou menor lentidão da IM.

No conjunto dos participantes, tanto os DIFF do PV 1 e 2, como os declives para a trajectória lateral das mãos nos dois pontos de vista, apresentaram correlações positivas significativas com o deslocamento-M (menor p bilateral = .011) e, ainda, com o declive calculado para a rotação de letras (menor p bilateral = .001). Apresentaram adicionalmente, com excepção do DIFF 2, correlações negativas significativas com o deslocamento-O (para baixo: tanto maior quanto mais negativo) (menor p bilateral

= .02). No grupo Controlo, tomado separadamente, nenhum destes indicadores se correlacionou com a magnitude dos deslocamentos M ou O; no entanto, o declive na rotação de letras correlacionou-se positivamente com o DIFF e com o declive no PV 1. No grupo PC, manteve-se uma correlação positiva entre o deslocamento-M e o DIFF 1 ($p = .005$), bem como entre os declives na rotação de letras e na rotação de mãos no ponto de vista A ($p = .04$), e ainda entre o declive para as letras e os DIFF A ($p < .001$) e B ($p = .016$). A ausência de correlação positiva entre DIFF e MACS (classificação da severidade das limitações da função de manipulação), bem como de correlação negativa entre DIFF e a pontuação no B&B, o teste de destreza manual, lançam dúvidas sobre o valor dos DIFF como indicadores de limitações biomecânicas dos membros superiores. No conjunto, os indicadores de IM apresentaram um comportamento similar ao declive da rotação de letras (indicador clássico de IV), com a qual se correlacionaram sempre positivamente, apontando identicamente para uma associação geral entre lentificação da IM e aumento do MomRep.

Para além de sugerirem uma relação clara entre as dois tipos de imaginária (IV e IMot) no contexto de tarefas de rotação mental, mais do que a sua independência (ver Wohlschläger & Wohlschläger, 1998; Wexler et al., 1998), estes resultados não esclarecem o eventual envolvimento da IM na determinação do MomRep com localização motora. O aumento comparativo do deslocamento-M nos sujeitos PC (em tarefas com resposta motora) foi acima interpretado como consistente com um papel determinante do planeamento motor na magnitude do erro de localização – refletindo, designadamente, os hábitos de planeamento da intercepção de alvos móveis em sujeitos com lentificação da execução motora (Marinovic et al., 2012) e, em geral, a inseparabilidade entre o planeamento da acção e a especificação dos seus efeitos perceptivos/espaciais (Grush, 2004; Jordan et al., 2002). Apesar da evidência acumulada de que a IM envolve a geração de planos de acção (Decety, Jeannerod, & Prablanc, 1989; Helmich, de Lange, Bloem & Toni, 2007; Jeannerod, 1994, 2001; Munzert et al., 2009; Parsons, 1994), a afirmação simétrica de que todo o planeamento da acção requer a IM, em particular na forma pela qual foi medida neste estudo (rotação mental de mãos), permanece por decidir.

Enquanto uma IM no sentido definido por Jeannerod (1999) como “simulação mental da acção” desacompanhada da sua execução (i.e., mobilizando toda a sequência proprioceptiva e quinestésica da acção, mas inibindo-a) não parece adequada a uma tarefa de MomRep com resposta motora (real, executada) – e tão-pouco a sua

lentificação é consistente com o aumento do erro para diante nos PC –, uma IM actuante na fase de planeamento (Toussaint et al., 2013), e.g., como especificação das consequências perceptivas de um dado plano de acção relativamente ao local da intercepção de um alvo, poderia participar na determinação de um aumento comparativo do MomRep com resposta de localização. Maioli, Falciati e Giancesini (2007) demonstraram, neste sentido, numa investigação combinando o registo do comportamento ocular e medidas de modificação da excitabilidade cortico-espinal, a geração de um plano de preensão manual mesmo quando a tarefa dada ao sujeito requeria apenas a memorização da última posição de um alvo visualizado.

Esta concepção de IM é a proposta, por exemplo, no quadro *Teoria da Codificação de Eventos* (Hommel et al., 2001), que defende um formato de representação comum para os eventos percebidos (percepção) e em-vias-de-geração (acção). Neste contexto, “as imagens motoras são planos de acção” (Prinz, 1994). No entanto, Prinz não é explícito quanto à definição e estatuto próprio da IM relativamente à percepção e à acção. Um segundo quadro favorável a uma IM, directamente actuante no planeamento da acção, é o de uma incorporação das propriedades dinâmicas (forças e suas relações) subjacente ao movimento e interação dos objectos a partir das nossas experiências de acção sobre eles (White, 2009; White, 2012; White et al., 2012). Nesta concepção, uma simulação da dinâmica do evento, incluindo a sua relação com o nosso repertório específico de acções, latências e limiares incluídos (König & Krüger, 2006), informa o planeamento motor, constituindo uma modalidade de imaginaria incorporada (compatível com a tese da “especificidade corporal” da IM: ver Willems et al., 2009). Este último quadro de leitura para a IM, insistindo nas experiências anteriores (e específicas) de relação activa com os objectos, concebe-a como a base da IV (Frick, Daum, Wilson, & Wilkening, 2009; Wexler et al., 1998) e é particularmente adaptado à compreensão dos efeitos documentados do desenvolvimento (Hubbard, Matzenbacher, & Davis, 1998; Taylor & Jakobson, 2010), do treino (Ruppel, Flemming, & Hubbard, 2009) e da *expertise* em domínios específicos (Blättler, Ferrari, Didierjean, van Elslande, & Marmeche, 2010; Blättler, Ferrari, Didierjean, & Marmèche, 2011) na magnitude do MomRep.

Este ponto assinala as incertezas que afectam a definição de IM (incluindo a possível existência de modalidades heterogéneas de IM e o estatuto da sua relação com a IV), reflectindo-se inevitavelmente em incertezas quanto à(s) forma(s) de a medir (para as dificuldades na definição e medida da IM, ver McAvinue & Robertson, 2008). A questão aberta da adequação das medidas de IM disponíveis neste estudo à

modalidade de IM eventualmente implicada no MomRep com localização motora constitui, assim, um limite ao estabelecimento de conclusões definitivas. Um segundo limite diz respeito às incertezas inerentes a uma análise correlacional. Concretamente no que se refere à relação possível entre planeamento motor e IM, o essencial dos estudos existentes documenta a associação entre limitações (desenvolvimentais ou clínicas) da IM (e.g., em tarefas de rotação de mãos) e do planeamento motor (e.g., em tarefas de planeamento de posturas finais da mão) (Craje et al., 2010; Mutsaerts et al., 2007; Toussaint et al., 2013). Apesar de usualmente interpretados como evidência de uma relação directa entre os dois processos (IM e planeamento motor), é possível, igualmente, interpretar esses resultados como o efeito correlativo de um terceiro factor (limitações motoras e constrangimentos funcionais da acção) em dois processos essencialmente independentes.

Alguns dos resultados do presente estudo ilustram, em geral, essa possibilidade. O comportamento das medidas obtidas nos questionários de vivacidade da imaginaria quinestésica (KIQ), visual (VIQ) e na sua forma agregada (KVIQ) apresentaram, no grupo PC, correlações negativas significativas com as duas classificações de severidade do compromisso funcional MACS e GMFSC e com a classificação tipológica TAL, sugerindo um impacto dos compromissos funcionais na vivacidade da imaginaria (maior comprometimento, maior vivacidade). Apresentaram, igualmente, uma correlação positiva com o teste B&B de destreza manual, sugerindo um impacto da capacidade da função manual na vivacidade da imaginaria (maior capacidade, maior vivacidade). No entanto, nenhuma correlação significativa foi observada entre medidas de vivacidade da imaginaria e as medidas de IV e de IM retiradas das tarefas de rotação de letras e de mãos, ou entre aquelas e a magnitude do deslocamento-M ou do deslocamento-O. A interpretação mais plausível destes resultados é a de uma dissociação entre distintos aspectos da imaginaria, como a sua vivacidade (facilidade e vivacidade) e a sua velocidade ou lentidão (Hishitani, Miyazaki, & Motoyama, 2011).

Apesar das incertezas sobre a relação entre a IM e o MomRep nas tarefas motoras, o quadro de resultados suporta, robustamente, o impacto das limitações da motricidade no MomRep (em simultâneo com a lentificação geral da imaginaria mental, tal como medida pelas tarefas de rotação de letras e de mãos) e o envolvimento de mecanismos distintos nas tarefas de localização motora e de sonda: uma imaginaria de extrapolação do movimento nas últimas, conduzindo (em virtude da sua lentificação) a menores valores de MomRep nos participantes PC e a picos de MomRep mais tardios no seu

curso temporal; um mecanismo de planeamento motor antecipatório nas primeiras, determinando maiores magnitudes de MomRep entre os participantes PC. Este resultado parece limitar a evidência relativa a défices no planeamento da acção em pessoas com PC (Craje et al., 2010; Steenbergen, Craje, Nilsen, & Gordon, 2009), pelo menos no que se refere à antecipação de acções de intercepção sobre os objectos. Em geral, como sucedera já no capítulo anterior com as tarefas de rotação mental, o padrão de resultados dos participantes com PC é qualitativamente similar ao dos participantes Controlo, diferindo apenas em termos quantitativos. Em particular, o aumento comparativo (relativamente aos Controlo) do MomRep nas tarefas motoras, e a existência de um pico mais tardio do curso temporal do MomRep nas tarefas de sonda entre os participantes com PC, são harmonizáveis enquanto estratégias de compensação ordenadas a um mesmo objectivo de antecipação eficaz da localização dos objectos. Num cenário de comprometimento funcional da acção, determinando em particular uma maior lentidão de execução, a intercepção de um objecto deve planear-se, tudo o resto permanecendo igual (i.e., o tempo para o início da acção), mais “para diante”. Num cenário marcado pela lentificação de uma imaginaria de extrapolação das trajectórias, tudo o resto permanecendo igual (i.e., o tempo de início da extrapolação), a extrapolação deve prolongar-se no tempo. A sugestão de um impacto determinante dos hábitos motores (incorporados e específicos de cada participante) na determinação destas estratégias compensatórias aponta para a o interesse da promoção, tanto em quantidade como em variedade, de interacções activas com os objectos na população PC – designadamente como meio de estabelecimento de representações (dinâmicas) eficientes no quadro da articulação da percepção e da acção.

7. Tempo-até-ao-Contacto

If Embodiment is an existential condition in which the body is the subjective source or intersubjective ground of experience, then studies under the rubric of embodiment are not ‘about’ the body per se.

Instead they are about culture and experience insofar as these can be understood from the standpoint of bodily being-in-the-world.

Csordas (1999, p.143)

A expressão *time-to-contact* (denotada pelo acrónimo TTC e traduzida por “tempo-até-ao-contacto”, neste trabalho) refere-se ao intervalo de tempo necessário para que um objecto em movimento atinja um local especificado. O estudo da percepção do TTC deu origem a uma vasta literatura, em particular após a proposta da teoria do “tau” por David Lee (1976, citado por Lee, 1998), segundo a qual um invariante simples presente no fluxo óptico (τ , definido geralmente como a razão entre o ângulo visual subentendido pela diferença entre a posição do alvo e o seu destino e a taxa de alteração desse ângulo) especificaria completamente o TTC para o observador. A estimação do TTC tem sido investigada em diferentes circunstâncias: envolvendo o tempo-até-ao contacto/colisão com um alvo estático (*time-to-collision*), até à passagem por (*time-to-passage*) ou até à chegada a (*time-to-arrival*) um local determinado do campo visual (DeLucia, 2004; Tresilian, 2004); considerando tanto movimentos de aproximação, no plano sagital, como movimentos laterais, no plano frontoparalelo (DeLucia & Lidel, 1998; Hecht, Kayser, Savelsberg, & Van der Kamp, 2002); com utilização de velocidades constantes, mais frequentemente (Alenya, 2009), mas também com movimentos acelerados ou desacelerados (Andersen & Sauer, 2004). Seguindo DeLucia e Liddel (1998) e DeLucia (2004), tomamos aqui a expressão TTC, num sentido lato, como aplicando-se a todo este espectro de situações.

Embora o TTC tenha sido estudado com recurso a diferentes tarefas (e.g., intercepção de alvos: Tresilian, 2004; Soechting & Flanders, 2008; Soechting, Juvelly, & Rao, 2009), a tarefa mais comumente utilizada é a da “predição do movimento” (PM) (Tresilian, 1995). Um objecto é apresentado em movimento, deslocando-se tipicamente a uma velocidade constante até se eclipsar ou desaparecer por trás de uma estrutura ocludente. O participante deve então premir um botão para assinalar o momento em que o objecto, caso mantivesse as características do seu movimento, atingiria um ponto designado da cena visual (e.g., em que reemergiria da estrutura de oclusão, ou se encontraria num local especificado) (Ehrenstein, 2003; Rosenbaum, 1975). Os resultados encontrados com tarefas de PM têm revelado uma subestimação consistente do momento de chegada do alvo, isto é, um erro de antecipação (Caird & Hancock, 1994; Cavallo & Laurent, 1988; DeLucia, 2004; Gray & Regan, 2000; Schiff & Detwiler, 1979; Schiff & Oldak, 1990). Para movimentos no plano frontoparalelo este resultado mostrou depender de factores como o tempo de oclusão (observando-se para tempos superiores a um segundo: ver Peterken, Brown, & Bowman, 1991; Bennett et al., 2010) e a interacção entre velocidade do movimento e extensão da trajectória visível (Sokolov & Pavlova, 2003). Mantém-se também aí, no entanto, como uma tendência geral, a requerer explicação (Gray & Thornton, 2001).

A tese de uma relação com a IM encontra-se associada a um dos principais modelos explicativos do TTC: a extrapolação cognitiva do movimento (DeLucia & Liddell, 1998). O prolongamento do movimento através de uma modalidade de imaginaria que actualizaria as posições ocupadas pelo alvo após o seu desaparecimento, com base numa memória ou representação interna das suas propriedades (Battaglini, Campana & Casco, 2013), foi um dos mecanismos propostos desde cedo como suporte da extrapolação da trajectória do alvo. Mais recentemente, a possibilidade de que esta imaginaria coincida em parte com a operação da atenção visuoespacial, envolvendo relações estreitas com o planeamento motor e designadamente oculomotor (Rizzolatti et al., 1994) tem sido aventada e debatida com base em evidência comportamental, imagiológica e oculomotora (de’ Sperati & Deubel, 2006; Fischer et al., 1999; Jonikaitis et al., 2009; Makin & Poliakoff, 2011; Makin et al., 2012).

A hipótese de uma relação entre MomRep e TTC é, por sua vez, compatível tanto com os modelos de extrapolação, particularmente o da extrapolação cognitiva do movimento (DeLucia & Liddell, 1998), como com os modelos “temporais” do TTC, segundo os quais um invariante óptico (e.g., o “tau”), presente no momento

do desaparecimento do alvo, ou um cálculo como o da razão entre a distância e a velocidade do alvo, especificam o tempo-até-ao contacto, que é então simplesmente contado (Cavallo & Laurent, 1988; Tresilian, 1995).

Os resultados obtidos nas experiências com tarefas de IM e de MomRep podem, deste modo, suportar a derivação de previsões testáveis quanto ao desempenho comparativo de participantes PC (relativamente aos participantes Controlo) em tarefas de TTC:

- (1) Aceitando a função designada à imaginaria no modelo de extrapolação cognitiva do movimento, a lentificação geral (i.e., tanto da IMot como da IV) da imaginaria observada entre os sujeitos PC conduziria a esperar uma menor subestimação do momento do contacto neste grupo. Com efeito, uma extrapolação mais lenta das posições imaginadas do alvo, após o seu desaparecimento, remeteria para mais tarde o instante da chegada ao local do contacto.
- (2) Quanto ao MomRep, a verificação de um menor deslocamento-M nas tarefas de sonda mnésica no grupo PC permitiria esperar, igualmente, de acordo com os resultados e propostas de Gray e Thornton (2001), uma menor subestimação do TTC entre estes participantes (os valores de MomRep obtidos por Gray e Thornton assentaram numa metodologia de sonda).
- (3) Ainda relativamente ao MomRep, a verificação de um maior deslocamento-M nas tarefas de localização motora entre os participantes PC, sugestiva do recurso a hábitos de antecipação adquiridos na acção eficaz sobre os objectos (e.g., interceptão, evitamento), levaria a prever, em sentido contrário, uma maior subestimação do TTC no grupo PC.

A diferença entre as previsões 1 e 2, por um lado, e a previsão 3, por outro, contrastam no essencial com a hipótese do envolvimento de uma imaginaria de extrapolação no TTC (1 e 2) e a hipótese da predominância de mecanismos de planeamento motor determinados pelo repertório de acção dos participantes (König et al., 2013), incluindo aí os seus limiares de antecipação. Na eventualidade de uma utilização diferencial destes mecanismos nos dois grupos (e.g., imaginaria de extrapolação nos participantes Controlo e limiares de antecipação nos participantes com PC, ou vice-versa) o sentido oposto das previsões derivadas de uma e outra hipótese deveria conduzir a uma diferença clara entre o perfil de resultados nos dois grupos.

A situação experimental que se segue compara um grupo de participantes com PC e Controlo numa tarefa de predição do movimento. Para além da variação da velocidade do alvo, distância visível percorrida, e distância invisível a percorrer até ao contacto com um obstáculo, foi variada a natureza do obstáculo, que consistiu ora num rectângulo preto, ora numa silhueta humana com o mesmo contraste e de área aproximadamente igual. Esta manipulação teve por objectivo avaliar eventuais efeitos de “incorporação” (*embodiment*) susceptíveis de modular, por exemplo, uma estratégia de antecipação ordenada ao evitamento de colisões (ver, para a importância de uma “analogia corporal” no quadro das rotações mentais: Amorim et al., 2006).

7.1 EXPERIÊNCIA 3 - TEMPO-ATÉ-AO-CONTACTO

7.1.1 MÉTODO

Participantes

Participaram no estudo os 48 sujeitos com PC correspondentes ao Grupo A e os 48 sujeitos do grupo de controlo emparelhado, os mesmos das experiências de MomRep com localização motora. Para além das tarefas TTC e MomRep, todos realizaram igualmente as tarefas de rotação de letras e de mãos descritas e analisadas anteriormente. Os critérios de inclusão dos participantes com PC bem como a caracterização das amostras constam da secção geral de metodologia do capítulo IV.

Estímulos

Os estímulos eram constituídos por um conjunto de animações de um quadrado azul-escuro (1 cm²) em formato .avi a 30 fps (*frames* por segundo), deslocando-se horizontalmente sobre um fundo branco com velocidades constantes de 2, 8 e 16 cm/s (aproximadamente 2, 8 e 16° de ângulo visual /s). Os quadrados surgiam da esquerda ou da direita, aleatoriamente, movendo-se em direcção a um obstáculo estacionário, e desapareciam num momento determinado do seu curso (após percorrerem 5, 10 ou 16 cm). Os obstáculos correspondiam num caso a um rectângulo preto com 38 x 152 píxeis (aproximadamente 10 × 40 mm), no outro a uma silhueta humana preta (Figura

50), vista de perfil, com a mesma altura e área aproximadamente igual à do rectângulo (a equivalência das duas áreas impede a confusão entre a natureza do obstáculo e a variação do seu tamanho, uma variável com efeitos documentados no TTC: DeLucia & Warren, 1994, DeLucia, 1999; Hosking & Crassini, 2010). O trajecto horizontal do alvo em movimento encontrava-se alinhado com uma secção linear da silhueta, sem quaisquer elementos curvos (baixo tórax-ventre).

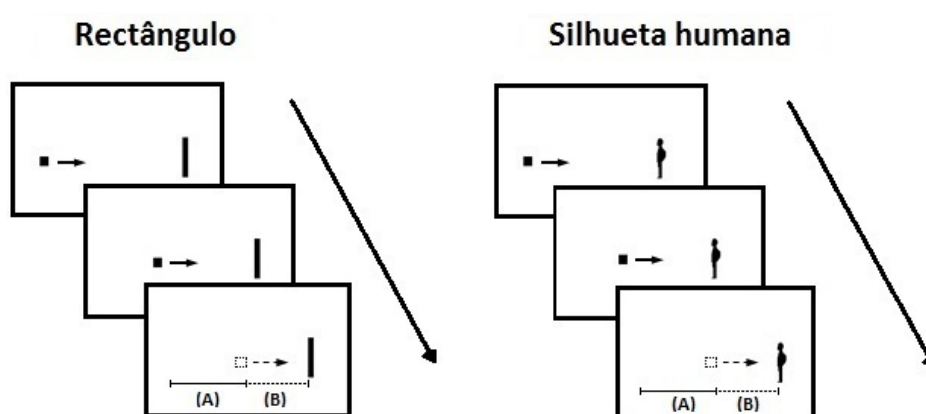


Figura 50. Representação esquemática da tarefa. Um alvo móvel (quadrados a cheio) desloca-se a uma velocidade constante em direcção a um obstáculo até desaparecer subitamente num local determinado do seu curso (quadrados a pontilhado). A tarefa do participante consiste em indicar o momento em que o alvo invisível completaria o trajecto até ao contacto com o obstáculo (linha pontilhada (B)). A linha a cheio (A) designa o trajecto visível percorrido pelo alvo até à sua desaparecimento. À esquerda do obstáculo é um rectângulo preto; à direita uma silhueta humana de perfil, com uma área aproximadamente igual à do rectângulo.

A localização do obstáculo no ecrã foi variada em três posições (21, 24 e 27 cm, a partir do bordo do ecrã onde se iniciava o movimento). As animações foram concebidas com recurso ao *software Interactive Physics 2004*, e posteriormente editadas no programa *VirtualDub*.

Desenho experimental e procedimento

A variação do trajecto visível em três distâncias e da localização do obstáculo em três posições (de modo a impedir a identificação de locais específicos do ecrã como referências para o termo dos movimentos), resultou em nove distâncias a percorrer pelo alvo entre o momento do seu desaparecimento e o local do contacto com o obstáculo. Duas dessas distâncias apresentavam o mesmo valor (11 cm) pelo que o trajecto cujo tempo deveria ser estimado pelos participantes foi variado em oito níveis (5, 8, 11,

14, 16, 17, 19 e 22 cm: sendo um centímetro aproximadamente equivalente a 1° de ângulo visual, considerada a distância entre o sujeito e o ecrã, estes mesmos valores podem ser igualmente tomados como medidas aproximadas do trajecto angular, em °/s). O desenho experimental correspondeu assim a um plano de medidas repetidas 3 (velocidades) × 8 (trajectos com duração a estimar) × 2 (direcção do movimento) × 2 (replicações) × 2 (obstáculos: rectângulo e silhueta). A natureza do obstáculo foi variada em blocos (2) contrabalanceados através dos sujeitos, para um número total de 192 ensaios experimentais (96 por bloco) acrescidos de 10 ensaios de treino no início de cada bloco, para efeitos de familiarização com a experiência.

Os estímulos foram apresentados de modo aleatório no ecrã de um computador, com um monitor de 15.6” e uma taxa de refrescamento de 60-Hz, encontrando-se os sujeitos a 60 cm do ecrã. A aleatorização dos estímulos e o registo das respostas estiveram a cargo do gestor experimental *Super Lab Pro* (versão 4.0). Os participantes realizaram as experiências em sessões individuais, sempre com o mesmo experimentador, e na ausência de feedback. Os participantes eram instruídos a indicar o momento em que o alvo, uma vez invisível, entraria em contacto com o obstáculo, premindo um botão. Para o registo do tempo foi utilizada uma *Response Box da Cedrus* (RB-530), que possibilita uma precisão ao milésimo de segundo. Não existia tempo limite para as respostas, sendo o ensaio concluído e um novo ensaio apresentado após a resposta do sujeito. Todos os participantes do grupo PC foram previamente classificados nas escalas MACS (Eliasson et al., 2006), GMFCS (Palisano, Rosenbaum, & Walter, 1997) e no teste B&B (Mathiowetz et al., 1985), tendo ainda, vinte e dois deles, do Grupo PC respondido ao *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ) (Malouin et al., 2007), versão curta.

7.1.2 RESULTADOS

A variável dependente considerada é a diferença calculada entre o tempo estimado pelos participantes até ao contacto com o obstáculo (estimativa de TTC) e o intervalo de tempo que, dada a velocidade do alvo e a distância a percorrer, seria necessário para que o alvo atingisse o obstáculo (critério objectivo). Uma diferença de sinal negativo representa uma subestimação dessa duração (antecipação do contacto) e de sinal positivo

uma sobrestimação do TTC (isto é, atraso relativamente ao momento do contacto). As diferenças ou erros de estimativa são dadas em milissegundos (ms).

7.1.2.1 Grupo PC e grupo Controlo: Análise Comparativa

A Figura 51 apresenta o erro médio da estimativa do TTC (em ms) nos dois grupos (PC e Controlo), considerando os resultados agregados das duas condições de obstáculo (rectângulo e silhueta humana). Em ambos os casos o sentido do erro é negativo, indicando uma subestimação do TTC nos dois grupos. No entanto, a subestimação é consideravelmente mais acentuada no grupo PC ($M = -701.06$, $EP = 119.65$) do que no grupo Controlo ($M = 420.23$, $EP = 117.18$). Um teste *t-student* conduzido em cada amostra revelou que a subestimação observada era significativa (i.e., significativamente diferente de zero) em ambos os grupos, $t(48) = 3,975$, $p < .001$ nos Controlo, $t(46) = 5.362$, $p < .001$ nos PC. A diferença entre os grupos não atingiu a significância estatística numa ANOVA mista com Grupo como factor entre-sujeitos e Velocidade, Direcção, Distância a Percorrer e Obstáculo como factores intra-sujeitos, $F(1,94) = 2.812$, $p = .097$. No entanto, as comparações realizadas considerando unicamente a velocidade de 2 cm/s (na qual se verificaram os efeitos de subestimação: ver abaixo) revelaram uma diferença significativa entre os grupos PC e Controlo, $F(1,95) = 10.553$, $p = .002$. A ANOVA mista global revelou a ausência de efeitos da Direcção do movimento (esquerda-direita, direita-esquerda), pelo que todos os resultados apresentados adiante se referem a médias agregadas através das duas direcções.

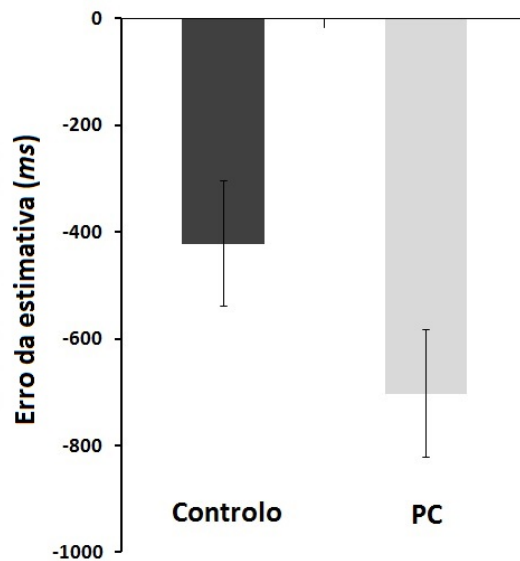


Figura 51. Média do erro da estimativa de TTC (em ms) em cada grupo; valores agregados através das duas condições de obstáculo (rectângulo e silhueta).

7.1.2.2 Efeitos da Velocidade e da Distância (a percorrer)

Tanto a Velocidade como a Distância apresentaram efeitos principais significativos, respectivamente, $F(1,188) = 212.68, p < .001$ e $F(7,658) = 51.19, p < .001$. Os efeitos da Velocidade estão ilustrados na Figura 52, mostrando uma subestimação clara do TTC na velocidade mais baixa (2 cm/s) e uma sobrestimação (pequena, comparativamente à magnitude do erro de subestimação) nos níveis de velocidade 8 e 16 cm/s. Os dois últimos níveis de Velocidade não diferiram significativamente entre si em nenhum dos grupos, conforme revelado por análises de comparação aos pares com correcção de Bonferroni (menor p observado = .370, no grupo PC). Uma MANOVA com os três níveis de velocidade como variáveis dependentes revelou uma diferença significativa entre os Grupos, *Traço de Pillai* = .199, $F(3,92) = 7.62, p < .001$, localizada nas estimativas de TTC na velocidade mais baixa (subestimação), $F(1,94) = 10.1, p = .002$, e na velocidade mais alta (sobrestimação), $F(1,94) = 6.53, p = .012$. A sobrestimação nas velocidades mais altas, apesar de muito inferior em magnitude à subestimação na velocidade de 2 cm/s, distinguiu-se significativamente de zero nos dois grupos (menor $t(48) = 2.02, p = .033$, obtido no grupo Controlo para a velocidade de 8 cm/s).

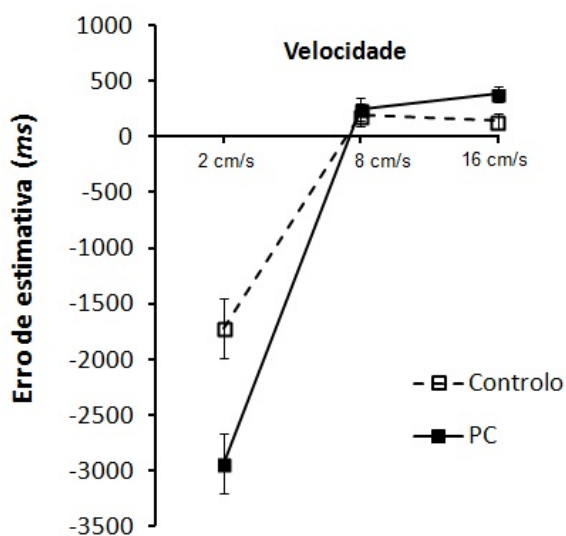


Figura 52. Média do erro da estimativa de TTC em função da Velocidade em cada um dos grupos. As barras de erro correspondem ao erro padrão da média.

O perfil dos resultados obtidos com a Velocidade é reproduzido no essencial quando se analisam os resultados tomando como variável independente alternativa a Duração do trajecto a percorrer (Distância a dividir pela Velocidade). Durações abaixo dos 2.5 seg. (obtidas com as velocidades de 8 e 16 cm/s) estão associados a uma sobrestimação do TTC, estabelecendo-se a partir desse valor uma acentuada tendência de subestimação com o aumento das durações dos trajectos a percorrer (durações obtidas com a velocidade de 2 cm/s) (ver Figura 53). Dada a coincidência entre a velocidade mais baixa e as longas durações, e as velocidades mais altas e as curtas durações, o grau em que os efeitos da Velocidade são unicamente devidos à duração ou, pelo menos em parte, específicos da Velocidade, não pode aqui ser esclarecido.

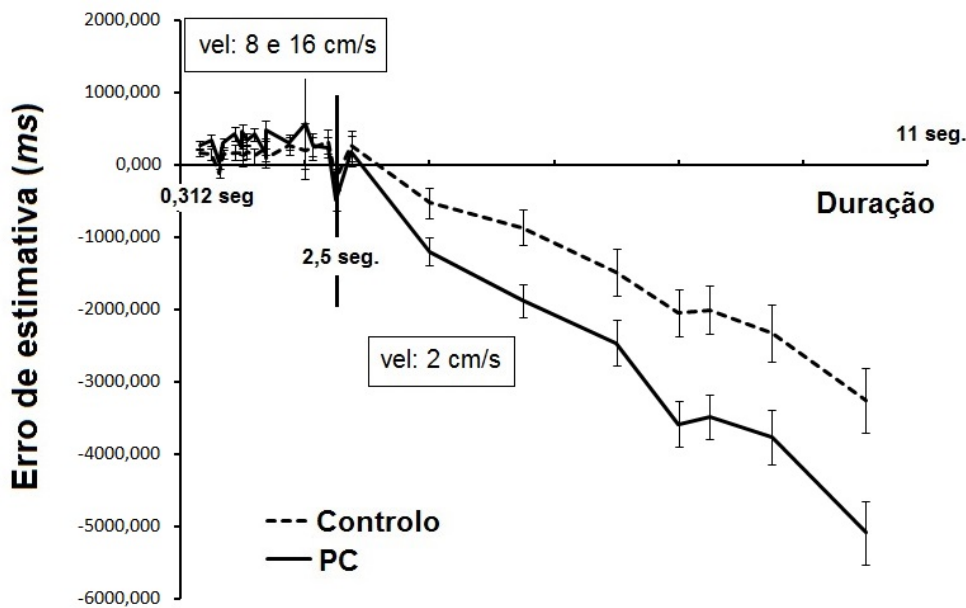


Figura 53. Erro médio da estimativa de TTC em função da Duração do trajeto a percorrer, calculada como o quociente da distância entre o local de desaparecimento do alvo e o obstáculo, por um lado, e a velocidade do alvo, por outro.

Estes resultados convergem com a evidência presente na literatura sobre uma tendência robusta de subestimação do TTC, no plano frontal, nas velocidades mais baixas (Lyon & Wang, 1995; Sokolov & Pavlova, 2003) e nas durações mais longas (Bennett et al., 2010; Peterken et al., 1991). Bennett et al. (2010), em particular, documentaram uma tendência de sobrestimação para durações < 1 seg. e uma tendência inversa de subestimação para durações > 1 seg. Nos nossos dados, foi o valor de 2.5 seg. que definiu a fronteira entre estas duas tendências, mantendo-se no entanto o sentido geral dos resultados reportados por Bennett et al. (2010).

A Figura 54 representa graficamente o comportamento das estimativas de TTC em função da distância a percorrer. Para além do efeito principal significativo do factor Distância, já destacado acima, a ANOVA mista revelou uma interacção significativa Grupo \times Distância, $F(7,658) = 2.288, p = .026$, que assinala o perfil de subestimação mais acentuado no grupo PC. No entanto, a Distância apenas teve um efeito significativo na velocidade mais baixa (2 cm/s), apresentando uma interacção altamente significativa com a Velocidade, $F(14,1316) = 89.321, p < .001$.

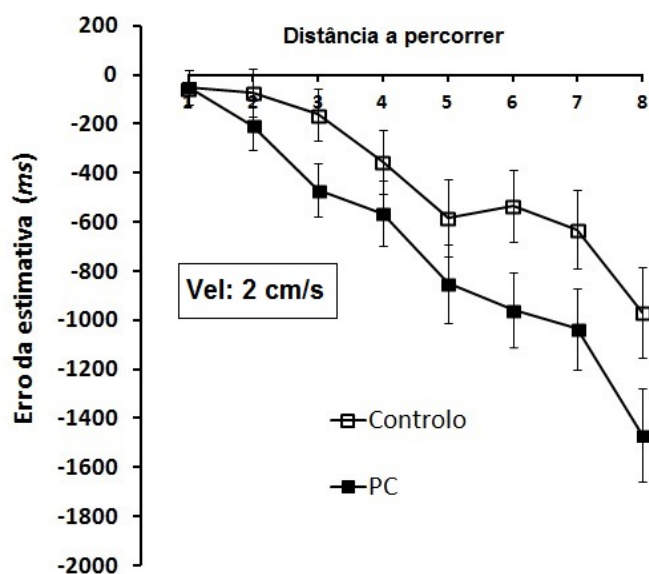


Figura 54. Média do erro da estimativa de TTC em função da Distância a percorrer em cada um dos grupos. Dada a ausência de efeitos significativos da Distância nos dois níveis mais altos da Velocidade (8 e 16 cm/s), apenas se apresentam os resultados para o primeiro nível da Velocidade (2 cm/s). As barras de erro representam o erro padrão da média.

Tal como no caso da Velocidade, o grau em que os efeitos da Distância, limitados à velocidade mais baixa, são explicáveis pelo aumento da duração (com a extensão do trajecto), não pode aqui ser determinado. De acordo com as conclusões de Peterken et al. (1991), são os aspectos temporais (duração) mais do que os aspectos espaciais (extensão a percorrer), que determinam o perfil das estimativas do TTC. Uma interpretação desse tipo mantém-se possível no caso dos nossos resultados, apesar de o desenho experimental não permitir excluir um papel específico da Velocidade ou da Distância.

7.1.2.3 Efeitos da natureza do obstáculo

Um dos objectivos da experiência realizada consistiu na averiguação de eventuais efeitos de modulação do TTC por uma “analogia corporal” com o obstáculo. A comparação entre os erros da estimativa na condição rectângulo e na condição silhueta responde a esta questão. A Figura 55 apresenta graficamente os dados relevantes, ilustrando, por um lado, a maior subestimação do TTC no grupo PC e, por outro, valores de subestimação

consistentemente superiores na condição “silhueta humana” em ambos os grupos. Do ponto de vista estatístico, a diferença entre as duas condições mostrou-se significativa tanto ao nível do conjunto dos participantes (grupos Controlo e PC agregados), $F(1,94) = 15.617, p < .001$, como em cada um dos grupos tomado separadamente: $F(1,48) = 10.753, p < .002$, no grupo Controlo; $F(1,46) = 7.765, p < .008$, no grupo PC.

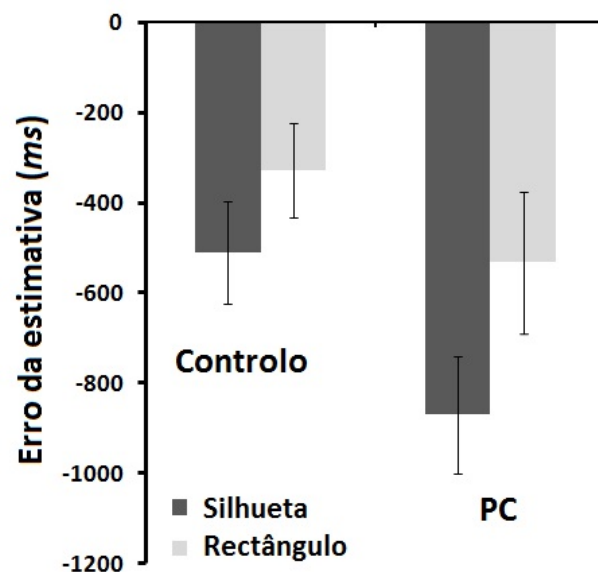


Figura 55. Efeitos da natureza do obstáculo (silhueta humana *vs.* rectângulo) em cada grupo. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Adicionalmente, a diferença entre as duas condições (silhueta - rectângulo) foi maior no grupo PC, correspondendo a uma diferença (no sentido da maior antecipação da chegada do alvo) de 338,4 ms, contra uma diferença média de 182,34 ms registada no grupo Controlo. Esta tendência para um maior efeito diferencial da condição silhueta no grupo PC não teve expressão estatística na interacção Grupo \times Obstáculo, que se revelou não significativa ($p = .239$). Em contrapartida, registou-se uma interacção significativa do factor Obstáculo com a Velocidade, $F(1.84,173.38) = 4.668, p = .013$, reflectindo uma subestimação mais acentuada na condição silhueta com a diminuição da velocidade.

7.1.2.4 Efeitos da severidade do compromisso funcional: subgrupos PC e correlações

Quando consideradas como factores entre-sujeitos numa ANOVA mista conduzida no grupo PC, nenhuma das classificações de severidade do compromisso funcional (MACS, dirigida à função manual; GMFSC, dirigida à função motora global), e tão-pouco a classificação tipológica dos participantes (TAL), apresentaram efeitos principais significativos (menor p observado = .502). Dado que os efeitos de subestimação do TTC apenas ocorreram com a velocidade mais baixa (2 cm/s), uma ANOVA mista limitada aos resultados obtidos neste nível de Velocidade foi igualmente realizada, não se registando, uma vez mais, efeitos significativos de qualquer das classificações (menor p observado = .645). Nenhuma interação com expressão estatística foi também registada nas ANOVAs entre as variáveis classificatórias e os factores intra-sujeitos Velocidade, Distância ou Obstáculo. Estes resultados nulos não são surpreendentes, tendo em conta o efectivo muito reduzido de alguns dos subgrupos, designadamente os correspondentes às pontuações 5 da MACS ($n = 2$) e da GMFSC ($n = 3$).

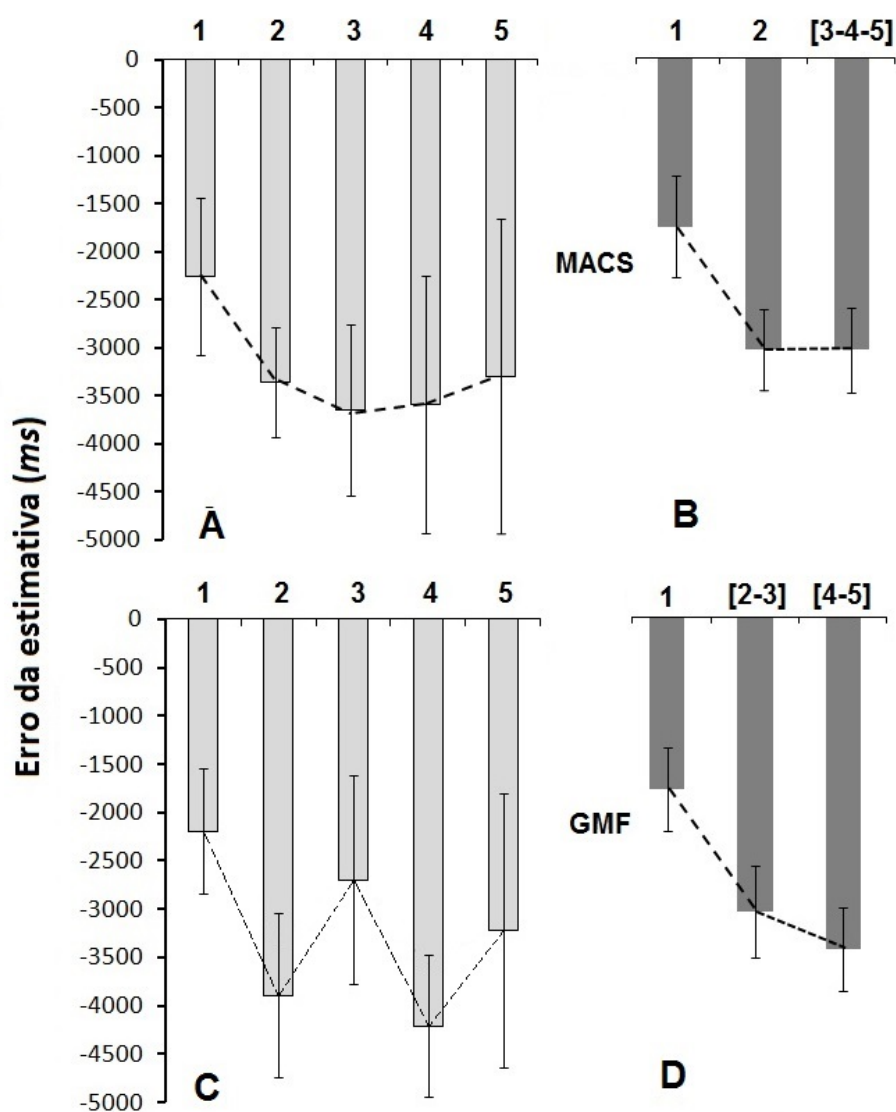


Figura 56. Erro médio da estimativa do TTC (ms) nos subgrupos definidos pelas pontuações da MACS (A e B) e da GMFSC (C e D). As barras de erro representam o erro padrão da média. (A) Erro médio em função dos níveis da MACS. (B) Erro médio após agregação dos níveis 3, 4 e 5 da MACS (categoria 3). (C) Erro médio em função dos níveis da GMFSC. (D) Erro médio após agregação dos níveis 2 e 3 (categoria 2) e dos níveis 4 e 5 (categoria 3) da GMFSC. Valores calculados na condição de velocidade de 2 cm/s.

Na figura 56 estão representadas as médias dos erros de estimativa do TTC obtidos com a velocidade de 2 cm/s em função das pontuações da MACS (linha superior: A e B) e da GMFSC (linha inferior: C e D). Os gráficos na coluna da esquerda (A e C) discriminam todos os níveis da classificação de severidade. Apesar de irregular, uma

tendência geral para uma maior subestimação nos níveis mais altos da MACS e da GMFSC é detectável. Os gráficos na coluna da direita (B e D) apresentam os mesmos resultados, após a agregação dos dados de níveis com um efectivo menor ou igual a 5 com os dados de níveis imediatamente consecutivos. Os níveis 3, 4 e 5 da MACS foram, neste sentido, agregados numa única categoria 3, com $n = 17$ (nível 2: $n = 19$; nível 1: $n = 12$). No caso da GMFSC, os níveis 4 e 5 foram agregados na categoria 3 ($n = 17$) e os níveis 2 e 3 na categoria 2 ($n = 14$). A tendência para um aumento da subestimação em função dos níveis de severidade torna-se mais clara após a agregação, dando lugar, no caso da GMFSC, a um efeito principal significativo, $F(2, 45) = 3.983$, $p = .026$, associado a um contraste linear significativo entre as médias ($p = .009$). Tanto no caso da GMFSC como da MACS emergiram, igualmente, após a agregação dos níveis, interacções significativas com o factor Distância a percorrer, reflectindo em ambos os casos uma acentuação da subestimação crescente com a Distância em função do grau de severidade do compromisso funcional: $F(5.59, 125.71) = 2.66$, $p = .021$, para a GMFSC; $F(14, 315) = 1.905$, $p = .025$, para a MACS (ver Figura 57).

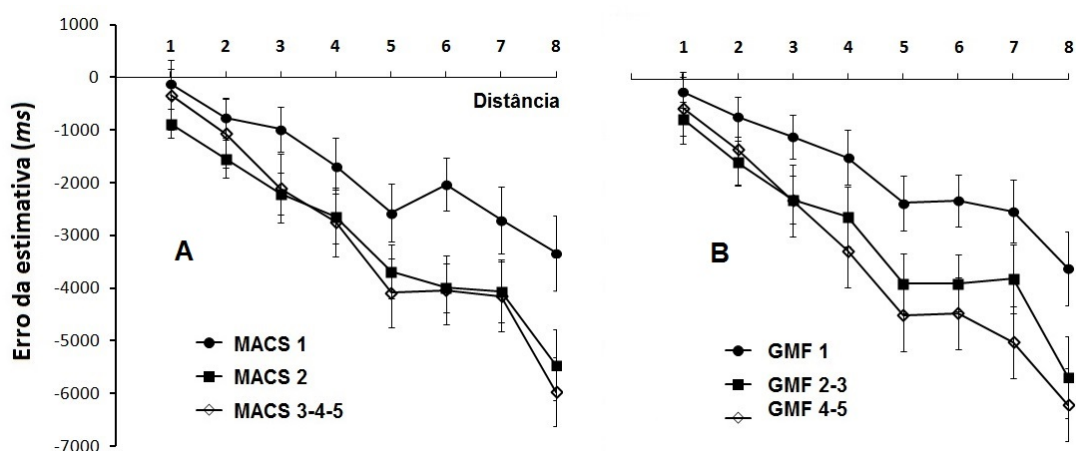


Figura 57. (A) Erro médio da estimativa do TTC em função da distância nos diferentes subgrupos MACS (níveis 3, 4 e 5 agregados). As barras de erro representam o erro padrão da média. (B) Erro médio da estimativa do TTC em função da distância nos diferentes subgrupos GMFSC (níveis 2 e 3 e níveis 4 e 5 agregados). Valores calculados na condição de velocidade de 2 cm/s.

Apesar de não dar lugar a interações significativas MACS × Obstáculo ou GMFSC × Obstáculo, a tendência geral para uma maior subestimação na condição “silhueta humana” relativamente à condição “rectângulo” acentuou-se com o aumento do nível de severidade em ambas as classificações, em particular na última categoria (ver figura 58).

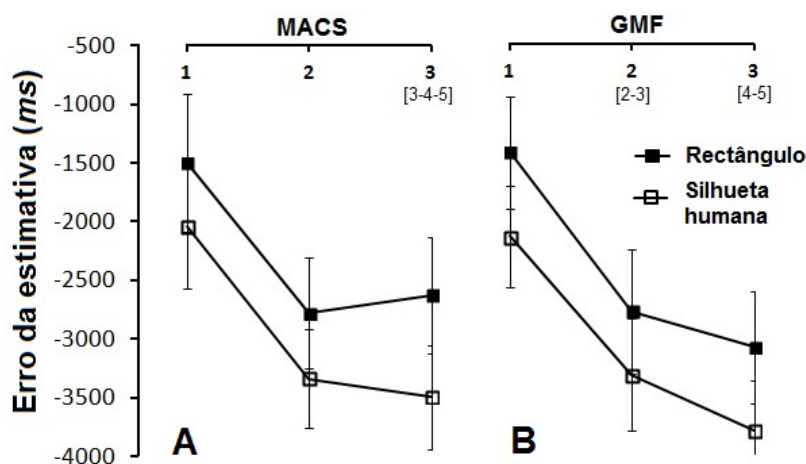


Figura 58. (A) Erro médio da estimativa do TTC na condição “silhueta” e “rectângulo” em cada um dos subgrupos da MACS (gráfico A) e da GMFSC (gráfico B). As barras de erro representam o erro padrão da média. Os níveis 3, 4 e 5 da MACS encontram-se agregados na categoria 3 (gráfico A, em abcissa). Os níveis 2 e 3 e os níveis 4 e 5 da GMFSC encontram-se agregados nas categorias 2 e 3, respectivamente (gráfico B, em abcissa). Valores calculados na condição de velocidade de 2 cm/s.

A classificação TAL apresentou uma tendência para maior subestimação entre os quadriplégicos e diplégicos, i.e., com um maior número de partes do corpo afectadas (ver Figura 59), que não atingiu no entanto expressão estatística: $F(4,43) = 1.195$, $p = .112$, obtido na condição de velocidade de 2 cm/s.

O segundo resultado digno de nota relativamente à classificação TAL é o comportamento particular dos hemiplégicos direitos, que apresentam globalmente (i.e., através do conjunto das velocidades) uma tendência dominante de sobrestimação (figura 59 B) e, na velocidade mais baixa (Figura 59 A), os mais baixos valores de subestimação do TTC ($M = -1204.4$, $EP = 691.07$), inferiores mesmo à média registada pelos participantes Controlo ($M = -1592.78$, $EP = 241.82$).

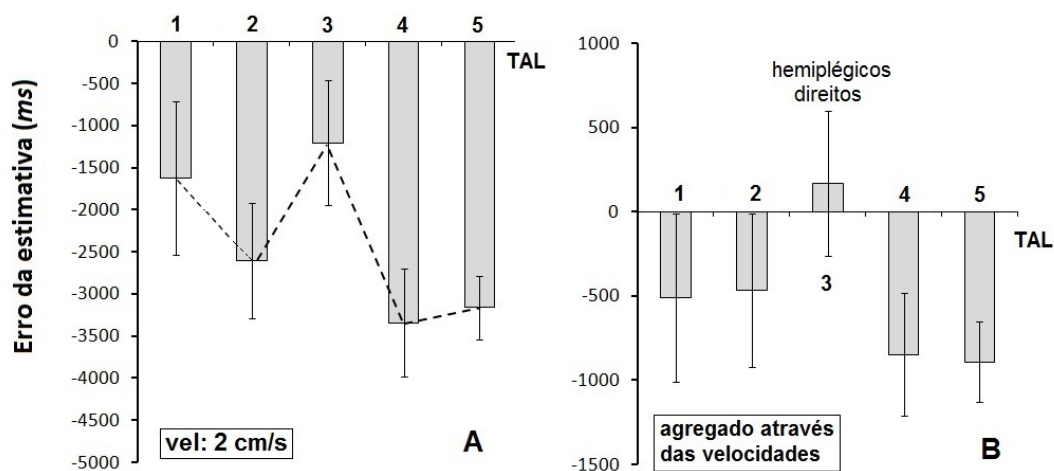


Figura 59. (A) Erro médio da estimativa do TTC em função dos níveis de TAL - valores obtidos na condição de velocidade mais baixa (2 cm/s). As barras de erro representam o erro padrão da média. (B) Erro médio da estimativa do TTC nos subgrupos de TAL - valores agregados através dos três níveis de velocidade.

A análise das correlações verificadas entre os erros médios de estimativa e as pontuações nas classificações de severidade (MACS e GMFSC) e tipologia clínica (TAL) constitui uma outra forma de analisar a relação entre TTC e os graus de compromisso motor registados na amostra de participantes com PC. A hipótese orientada de um aumento da subestimação (valores mais negativos do erro de estimativa do TTC) com a severidade do compromisso motor (pontuações mais elevadas na classificação) levaria a esperar correlações negativas entre o erro de estimativa e aquelas variáveis classificatórias. Os coeficientes calculados são assim apresentados com o p unilateral associado (ver Tabela 7).

Tabela 7. Correlações (r de Pearson e ρ de Spearman) entre o erro de estimativa do TTC e as classificações de severidade e topográfica dos participantes PC

ERRO DE ESTIMATIVA DO TTC								
r de Pearson	agregado	silhueta	rectângulo	Vel 2	Vel 2: silhueta	Vel 2: rectângulo	Vel 8	Vel 16
GMF	-.260 $p = .039$	-.246 $p = .046$	—	-.311 $p = .016$	-.312 $p = .015$	-.277 $p = .028$	—	—
TAL	—	—	—	—	-.254 $p = .041$	-.271 $p = .031$	—	—
MACS	—	—	—	—	-.242 $p = .042$	—	—	—
ρ de Spearman								
GMF	-.295 $p = .022$	-.296 $p = .021$	-.277 $p = .030$	-.340 $p = .009$	-.361 $p = .006$	-.286 $p = .024$	—	—
TAL	-.273 $p = .032$	—	-.262 $p = .037$	-.262 $p = .036$	-.253 $p = .041$	-.252 $p = .042$	-.268 $p = .029$	—
MACS	—	—	—	-.253 $p = .041$	-.311 $p = .016$	—	—	—

Todas as correlações observadas apresentam o sentido negativo previsto. O conjunto das correlações documenta uma relação robusta entre os compromissos da função motora global, avaliados pela GMFSC, e a subestimação do TTC. Como seria esperado, dado que a subestimação se verifica apenas na condição de velocidade mais baixa, as correlações atingem o seu maior valor com a velocidade de 2 cm/s. A classificação TAL, reflectindo sobretudo o número de membros afectados, mantém igualmente uma associação consistente com as várias médias do erro de estimativa (valores de ρ na Tabela 7), embora com valores de correlação sistematicamente inferiores e, como no caso das correlações paramétricas de Pearson, limitada a um número mais reduzido de condições (velocidade 2 cm/s-silhueta e rectângulo). Enquanto os valores de correlação com a GMFSC são invariavelmente superiores na condição silhueta, comparativamente à situação rectângulo, as correlações envolvendo a TAL favorecem genericamente a condição rectângulo. O grau de compromisso funcional dos membros

superiores (da função manual, em sentido lato), avaliado pelo MACS, apenas surgiu significativamente associado à subestimação do TTC na condição de velocidade mais baixa e com a silhueta humana como obstáculo.

Globalmente, estes resultados são consistentes com um papel na estimação do TTC dos limiares de antecipação motora estabelecidos através das experiências de interacção com objectos (White, 2012). Tal como a intercepção de um alvo em movimento, a redução do risco de colisão associado à aproximação de um objecto móvel envolve plausivelmente, em alguém com um maior comprometimento da função motora, uma acentuação das estratégias compensatórias de antecipação no planeamento da acção eficaz. A associação mais evidente da subestimação do TTC com as limitações da função motora global, avaliada pela GMFSC, pode tomar-se como uma indicação nesta direcção (diferindo da associação predominante entre o deslocamento-O e o compromisso da função manual, avaliado pela MACS, na tarefa de MomRep com localização motora). Ainda no mesmo sentido, apontam as correlações mais elevadas entre a GMFSC e o erro da estimativa na condição “silhueta”. Este resultado, documentando uma maior antecipação quando o obstáculo mantém uma “analogia corporal” com o observador (evidência de incorporação), suporta uma aproximação à situação descrita de evitamento de colisões e a sua extensão a cenários de colisão no plano frontal (envolvendo um obstáculo exterior e não, directamente, o observador). Uma interpretação baseada na relação entre o grau de constrangimento motor e os limiares de antecipação é ainda consistente com a correlação positiva registada entre as pontuações no B&B, uma medida de dexteridade manual, e o erro de estimativa na condição silhueta, $r(47) = 0.273$, $p = 0.031$, indicando que um melhor desempenho no B&B surge associado a uma menor antecipação (subestimação) do contacto com o obstáculo, e menores pontuações no B&B, pelo contrário, a uma maior subestimação do TTC.

7.1.3 DISCUSSÃO

Somos todos escravos de circunstâncias externas: um dia de sol abre-nos campos largos no meio de um café de viela; uma sombra no campo encolhe-nos para dentro, e abrigam-nos mal na casa sem portas de nós mesmos; um chegar da noite, até entre coisas do dia, alarga, como um leque [que] se abra lento, a consciência íntima de dever-se repousar.

Pessoa (1982)

Os resultados deste estudo confirmam, em primeiro lugar, a existência de um impacto das limitações da motricidade na estimação do TTC, juntando-se assim aos resultados obtidos com tarefas de Rotação Mental e de MomRep para assinalar a presença de efeitos da PC em variáveis tidas geralmente como de natureza especificamente perceptiva ou representacional e convocando tanto factores *prima facie* espaciais (erros de localização, como no caso do MomRep) como temporais (erros de estimativa temporal, como no caso do TTC). Tal como nos estudos anteriores, o comportamento dos participantes PC foi qualitativamente semelhante ao dos participantes Controlo, apresentando uma tendência clara de subestimação (antecipação do contacto com o obstáculo) na velocidade mais baixa do alvo móvel (2 cm/s) e uma tendência, embora menos marcada, de sobrestimação nas velocidades mais altas (8 e 16 cm/s). À semelhança dos efeitos da Velocidade, os efeitos da Distância a percorrer após o desaparecimento do alvo e da natureza do Obstáculo (silhueta humana *vs.* rectângulo) foram de mesmo sentido em ambos os grupos. Assim, a tendência de subestimação acentuou-se com o aumento da distância a percorrer, e na condição silhueta, comparativamente à condição rectângulo. Apesar das semelhanças qualitativas, os dois grupos apresentaram no entanto diferenças quantitativas consistentes, sendo a subestimação superior no grupo PC, e sendo ainda mais acentuado o seu acréscimo com o aumento da Distância, e na condição silhueta, também entre os participantes PC.

Concretamente no que se refere à hipótese de uma relação entre TTC e MomRep, os resultados são claramente favoráveis à existência de uma tal relação, embora num sentido contrário ao proposto por Gray & Thornton (2001). Com efeito, dada a redução comparativa na magnitude do deslocamento-M entre os participantes PC nas tarefas de MomRep com sonda mnésica (o tipo de tarefa utilizado por Gray & Thornton, 2001), por um lado e, por outro, a tendência reportada por Gray e Thornton para uma maior subestimação do TTC em participantes com menor MomRep (r compreendido entre 0.74, num subgrupo de participantes apresentando forte subestimação, e 0.38

num subgrupo com valores de subestimação relativamente reduzidos), a previsão seria a de maior subestimação no grupo Controlo, contrariada pelos dados. Os resultados são, no entanto, consistentes com a demonstração, no capítulo VI, de deslocamentos-M significativamente superiores entre os participantes PC nas tarefas de MomRep com localização motora, que restabelece assim um vínculo entre o erro de localização para diante e a tendência de antecipação do momento do contacto com o obstáculo.

No mesmo sentido, correlações positivas significativas foram encontradas, no Grupo Controlo, entre o deslocamento-O e o erro de estimativa do TTC, seja agregado, $r(49) = .302, p = .017$, seja calculado separadamente para a condição “silhueta”, $r(49) = .336, p = .009$, e para a condição “rectângulo”, $r(49) = .246, p = .044$. Ainda no grupo Controlo, o deslocamento-M apresentou uma correlação negativa com o erro da estimativa na condição “rectângulo” limitada à velocidade de 2 cm/s, $r(49) = .264, p = .033$, indicando uma tendência para que participantes com maior subestimação do TTC apresentem igualmente maiores erros para diante no MomRep. No grupo dos participantes com PC, o erro de deslocamento para diante (tipo M) correlacionou-se negativamente com o erro de estimativa de TTC calculado através do conjunto das condições, $r(47) = -.268, p = .034$, na condição silhueta, $r(48) = -.284, p = .025$, e nas velocidades 2 cm/s, $r(48) = -.268, p = .033$, e 8 cm/s, $r(47) = -.250, p = .044$. A circunstância de não terem sido utilizados os mesmos participantes nas tarefas de MomRep com sonda mnésica e na tarefa de TTC inviabiliza o cálculo de correlações entre elas, impedindo desse modo uma comparação directa com os resultados de Gray e Thornton (2001). Apesar desta limitação, o conjunto das associações encontradas entre o TTC e o MomRep com localização motora, e a maior subestimação do TTC entre os participantes PC, são suficientes para suportar robustamente a intervenção de factores associados à motricidade – não considerados no estudo de Gray e Thornton (2001) – e sugerir a possibilidade de que a relação entre MomRep e TTC assente na realidade em diferentes mecanismos, dependendo tanto das tarefas (designadamente da modalidade de resposta, no caso do MomRep) como dos participantes (e.g., diferenças individuais nos constrangimentos que afectam a acção motora).

A questão da relação eventual entre TTC e IM envolve o exame das correlações com as medidas disponíveis de IM. Entre os participantes Controlo apenas uma relação com os DIFF (diferenças de TR entre as trajectórias lateral e medial) relativos à rotação de mãos no ponto de vista 2 (PV2: mãos vistas pela palma), e com o declive calculado para a trajectória lateral neste mesmo ponto de vista, foram encontradas, com

sentido negativo – implicando que maiores DIFF e maior lentidão na rotação lateral se associam a maior subestimação do TTC (ver Tabela 8). Entre os participantes com PC, nenhuma correlação significativa foi observada com qualquer dos declives calculados (para as letras ou mãos) ou com os DIFF. Correlações positivas com os questionários de vivacidade da imaginaria visual e quinestésica (*VI-Quest*, *KI-Quest*, *KVIQ*) foram, no entanto, registadas na condição de velocidade de 2 cm/s, consistentemente mais elevadas na condição silhueta (ver Tabela 8). As incertezas, já antes assinaladas, quanto à definição de IM (incluindo a possível existência de modalidades heterogêneas de IM), ao estatuto da sua relação com a IV (dissociação ou comunidade de origem) e à adequação das medidas disponíveis (McAvinue & Robertson, 2008), impõem uma interpretação cautelosa e apenas provisória deste perfil de correlações.

Tabela 8. Correlações (r de Pearson) entre o erro de estimativa do TTC e as medidas de imaginaria mental disponíveis, apresentadas separadamente para os grupos Controlo e PC. Apenas as medidas que deram lugar a correlações significativas são apresentadas.

ERRO DE ESTIMATIVA DO TTC						
GRUPO	agregado	silhueta	rectângulo	Vel 2	Vel 2: silhueta	Vel 2: rectângulo
GRUPO CONTROLO						
<i>Declive rotação letras</i>	—	—	—	-.330 $p = .010$	-.330 $p = .010$	-.323 $p = .012$
<i>DIFF B</i>	-.297 $p = .019$	-.328 $p = .011$	-.255 $p = .039$	-.323 $p = .012$	-.388 $p = .003$	-.246 $p = .044$
<i>Declive lateral B</i>	-.423 $p = .032$	-.449 $p = .024$	—	-.435 $p = .028$	-.498 $p = .013$	—
GRUPO PC						
<i>VI-Quest</i>	—	—	—	.337 $p = .010$	.377 $p = .004$	.277 $p = .028$
<i>KI-Quest</i>	—	—	—	.312 $p = .016$	.333 $p = .010$	.269 $p = .037$
<i>KVIQ</i>	—	—	—	.329 $p = .011$	.360 $p = .006$	.277 $p = .029$

A predominância de correlações com os DIFF e com o declive na rotação de mãos do PV2, no grupo Controlo não pode assim tomar-se simplesmente como a sugestão do envolvimento de uma IM no sentido de Jeannerod (“simulação mental da acção”)

na estimação do TTC, por duas razões: (1) os DIFF parecem constituir menos uma medida das diferenças individuais de IM do que o reflexo de diferenças individuais nos constrangimentos da acção motora (resultado apoiado por DIFF significativamente maiores entre os participantes com PC do que entre os Controlo); (2) dado que o declive na rotação de mãos, como na rotação de letras, indexa a lentidão da imaginaria, as correlações negativas observadas em ambos os casos (ver Tabela 8) apontam na direcção contrária à que resultaria do envolvimento de uma imaginaria de extrapolação/prolongamento do movimento, ou de simulação mental da acção, na estimação do TTC – cuja lentificação levaria a prever uma sobrestimação, não uma subestimação, do TTC. A interpretação mais consistente com estes dados é assim a de que maiores constrangimentos na execução (revelados pelos DIFF e eventualmente também pelos declives) dão lugar a antecipações compensatórias mais pronunciadas do momento do contacto do alvo com o obstáculo. A ausência destas correlações no grupo PC pode ser olhada como um limite a esta interpretação, ou simplesmente como a tradução de uma maior variabilidade (menor consistência) da relação entre os constrangimentos motores e a magnitude da antecipação compensatória entre os participantes PC. O aumento da subestimação do TTC com o aumento do nível de severidade do compromisso funcional, em particular quando avaliado pela GMFSC (medida da função motora global), apoia a segunda hipótese e desfavorece a primeira. Apesar de dificilmente compatível com uma IV de extrapolação e/ou uma IM de simulação da acção (mobilizando um plano de acção já especificado, simplesmente inibido na sua execução), a interpretação em termos de limiares de antecipação compensatórios é conciliável com o envolvimento de uma IM actuante na fase de planeamento, concebida como especificação das consequências sensoriais/perceptivas de um plano de acção (Hommel et al., 2001; Johnson, 2000; Jordan et al, 2002; Prinz, 1994; Toussaint et al., 2013). No entanto, a ausência de medidas especificamente dirigidas a uma concepção de “IM como planeamento”, distinta de uma IM como “execução inibida”, apenas permite considerar essa possibilidade como uma hipótese em aberto.

As correlações positivas entre a estimação do TTC na condição de 2 cm/s e as medidas de vivacidade de imaginaria constituem um dado novo no contexto dos estudos realizados, não tendo os questionários de imaginaria apresentado previamente associações dignas de nota quer com as restantes medidas de imaginaria nas tarefas de rotação mental, quer com os deslocamentos-M ou O nas tarefas de MomRep. O sentido positivo das correlações indica uma diminuição da subestimação do TTC para

pontuações mais positivas nos questionários de vivacidade da imaginaria (ou, inversamente, uma tendência para maior subestimação nos participantes com menor vivacidade da imaginaria). Este resultado poderia interpretar-se, em primeira análise, como uma sugestão do envolvimento de uma imaginaria mental explícita (versus implícita: ver Jeannerod & Frak, 1999) na estimação do TTC. Considerando no entanto as correlações negativas significativas entre estas medidas de imaginaria e as medidas de severidade do compromisso funcional (GMFSC e MACS), bem como a sua associação positiva com medidas de dexteridade como o B&B, é igualmente possível interpretá-lo como a expressão de um efeito correlativo dos constrangimentos motores na estimação do TTC, por um lado, e na vivacidade e clareza da imaginaria, por outro – sem que isso implique uma relação directa entre erro de estimativa e vivacidade da imaginaria. Não é possível, no quadro do presente estudo, decidir entre estas duas interpretações, apesar do conjunto da evidência favorecer a segunda. Os valores consistentemente mais altos de correlação observados na condição silhueta comparativamente à condição rectângulo (ver Tabela 8), apontando para uma modulação da relação entre TTC e vivacidade da imaginaria pelo grau de “analogia corporal” com o obstáculo, são igualmente mais consistentes com a segunda alternativa de interpretação.

A manipulação da natureza do obstáculo em dois níveis, “silhueta humana” e “rectângulo”, produziu resultados claramente favoráveis à hipótese de “incorporação” (*embodiment*), acentuando a tendência de subestimação na condição silhueta, e tanto mais, no caso do grupo PC, quanto maior a severidade do compromisso da função motora global. A hipótese da “incorporação” favorece por sua vez a interpretação da subestimação do TTC em termos de limiares de antecipação característicos do repertório de acção de cada participante, fruto da sua experiência pessoal de interacção com objectos em movimento (designadamente, acções de evitamento ou barragem/intercepção) Interpretações enfatizando um papel determinante de mecanismos “incorporados”, mobilizando o sistema motor e postural e a experiências prévia de acção sobre os objectos, têm sido suportadas em domínios como a estimação do alcance (*reach*) dos movimentos (Calabro, 2011; Fischer, 2004) ou julgamento prospectivos da apreensão (Johnson, 2000). Uma observação frequente nestes casos é a subestimação das capacidades de realização de uma acção (e.g., subestimação do alcance físico real nas condições fixadas) pelo participante, reflectindo a preferência por acções confortavelmente aquém das condições físicas limite de execução (*absolute critical boundaries*), preferência essa que se manifesta sempre que aos sujeitos é dada a oportunidade de

escolher o modo de execução (Marr et al., 1997). A invocação de um mecanismo semelhante de preferência por limiares confortáveis de antecipação, salvaguardando as acções de evitamento ou intercepção relativamente a uma execução demasiado próxima das suas condições limite, e baseada na experiência “incorporada” da dinâmica da interacção com os objectos, é inteiramente consistente com o conjunto da evidência recolhida neste estudo. Ainda no que se refere a uma eventual relação do TTC com a imaginaria, particularmente com uma IM associada ao planeamento da acção, a evidência de “incorporação” é consistente com a hipótese da “especificidade corporal” da imaginaria motora (Willems et al., 2009) e favorável a uma apreensão unificada da operação da IM nos participantes Controlo e PC em termos de variabilidade da “incorporação” (Shapiro, 2011).

Finalmente, um resultado específico deste estudo diz respeito ao padrão de comportamento apresentado pelos participantes PC com hemiplegia à direita. Como assinalado a propósito da Figura 59 B, contrariamente a todas as outras classes topográficas de PC, os hemiplégicos direitos apresentaram uma tendência global de sobrestimação do TTC – que não atinge aliás a significância estatística, correspondendo assim a uma maior precisão global das estimativas (mesmo relativamente aos participantes Controlo). Este resultado relativiza as conclusões de estudos anteriores suportando a ausência de diferenças relevantes entre hemiplégicos esquerdos e direitos (Andrada et al., 2009; Khaw, Tidemann, & Stern, 1994) e sugere a conveniência de evitar tratar os hemiplégicos como um grupo nosográfico homogéneo, independentemente da localização da afecção (Andrada et al., 2009). A interpretação fornecida acima para o comportamento de subestimação como o resultado de um planeamento que “incorpora” a preferência por limiares de antecipação confortáveis para a execução de acções de evitamento e/ou intercepção conduz, a ver na tendência de sobrestimação apresentada pelos hemiplégicos direitos (apesar da sua maior precisão) a uma limitação da actividade de planeamento. Esta conclusão é consistente com a identificação de défices específicos de planeamento em indivíduos com hemiplegia à direita (Mutsaerts et al., 2004, 2005, 2006; Steenbergen et al., 2004; Steenbergen et al., 2007), e com a evidência disponível relativamente a uma maior importância relativa do hemisfério esquerdo (contralateral, no caso da hemiplegia direita) no planeamento motor (Goldenberg, 1996; Hermsdorfer et al., 1996; Rushworth et al., 2004; Sabaté, Gonzalez, & Rodriguez, 2004; Schluter et al., 2001; Steenbergen, Verrel & Gordon, 2007; Sunderland & Sluman, 2000; Tomasino et al., 2003; Weiss et al., 2001).

Discussão Geral

I don't try to describe the future. I try to prevent it.

Bradbury (1956)

O conjunto dos resultados obtidos no quadro da dissertação documenta, consistentemente, um efeito das limitações da actividade que caracterizam os participantes com PC em todas as tarefas estudadas.

No caso das tarefas de rotação mental, a preservação qualitativa tanto da IV (indexada pela elevação linear dos TR em função do desfasamento angular da letra relativamente à vertical, ou “efeito de rotação mental”) como da IMot (indexada por TR superiores nas trajectórias laterais das mãos, ou efeito MOLA), foi acompanhada de uma lentificação da velocidade de transformação mental, assinalada por declives superiores do TR em função do ângulo de rotação, em ambas as tarefas. Estas medidas de declive são independentes da ordenada na origem e, portanto, do valor absoluto dos TR, exprimindo a velocidade (ou lentidão) do processo mental de rotação. As diferenças de TR entre trajectórias laterais e mediais (DIFF) foram igualmente superiores no grupo PC, reflectindo uma maior dificuldade comparativa da simulação dos movimentos laterais relativamente aos mediais. Enquanto a ocorrência de DIFF, em si mesma, constitui um índice largamente aceite da mobilização da IMot, as variações da sua amplitude reflectem plausivelmente diferenças individuais no grau de constrangimento biomecânico acrescido das trajectórias laterais relativamente às mediais, expectavelmente superior nos participantes com PC. No essencial, os padrões de resultados obtidos a partir das percentagens de erro (1-precisão) forneceram indicações convergentes com as dos TR.

Estes resultados corroboram as conclusões do estudo anterior de Martins, Oliveira e Amorim (2005) quanto à semelhança qualitativa do comportamento dos grupos Controlo e PC (e, por conseguinte, quanto à capacidade destes últimos para utilizarem estratégias de resolução baseadas na IM, tanto visual como motora) e quanto à ocorrência de uma lentificação geral da IM entre os participantes com PC, revelando um impacto dos défices motores característicos deste grupo não apenas na IMot mas igualmente na IV. A sugestão de um impacto específico destes défices na velocidade de transformação de imagens é compatível com evidência sobre a existência de indicadores neurológicos específicos de uma operação cognitiva de rotação (e.g. ERPs com amplitude modulada pelo ângulo de rotação: Heil, 2002; Heil & Rolke, 2002; Núñez-Peña & Aznar-Casanova, 2009; Jonsgma et al., 2013), prevista no modelo multicomponencial de Kosslyn (1980) – havendo já, no caso da rotação de mãos, resultados indicativos da modulação da amplitude e latência de ERPs contingentes à rotação pela condição de PC e, em particular, pelo grau de constrangimento funcional que determina (Steenbergen et al., 2010).

Um reforço adicional destas conclusões provém ainda do impacto documentado dos níveis de severidade do compromisso funcional dos participantes com PC, em particular das limitações da função manual avaliadas pela MACS (Eliasson et al., 2006), no perfil de resultados. Embora as sugestões gráficas de maiores declives dos TR nos subgrupos de participantes com PC correspondentes aos níveis de severidade mais elevados não tenham dado lugar a interações significativas Rotação \times Nível de Severidade, tanto os TR como os erros apresentarem diferenças significativas em função da severidade do compromisso, com valores consistentemente superiores nos níveis de severidade mais elevados, revelando uma dificuldade acrescida na realização de ambas as tarefas de rotação.

A distinção entre os dois pontos de vista sobre as mãos (PV 1: costas no plano, palma a partir do pulso) teve efeitos em ambos os grupos, PC e Controlo, traduzindo-se na presença de uma importante componente linear da elevação dos TR com o ângulo de rotação no PV 1 e uma menor magnitude dos DIFF (diferenças Lateral-Medial) neste PV. Este resultado é convergente com a evidência reportada na literatura (Martins, Oliveira, & Amorim, 2005; Parsons, 1994; Ter Horst, van Lier, & Steenbergen, 2010) e tipicamente interpretado como reflectindo um jogo articulatorio mais complexo e biomecanicamente mais constrangido no PV 2 (Ionta & Blanke, 2008). A forte redução da magnitude dos DIFF, em particular no grupo Controlo, e a tendência linear

de elevação dos TR, aproxima no entanto o padrão de resultados no PV 1 daquele observado na rotação de letras, suscitando a questão de um potencial envolvimento da IV, tanto ou mais do que a motora, neste PV. Na realidade, a par de outros factores, como o número de eixos da rotação ou a perspectiva adoptada sobre a rotação (na primeira ou na terceira pessoa), o PV sobre a mão tem sido apontado como um determinante da opção pelo recurso preferencial a uma outra forma de IM (Horst, Lier, & Steenbergen, 2010; Steenbergen et al., 2007).

Todos os indicadores cronométricos derivados nas duas tarefas (declives calculados na rotação de letras e de mãos, em ambos os pontos de vista, e DIFF na rotação de letras) apresentaram correlações positivas entre si no grupo PC, apoiando a comunidade dos processos de IM nas duas tarefas. No grupo Controlo, correlações positivas entre o declive das letras e os DIFF (indicadores da dificuldade biomecânica do movimento) em ambos os pontos de vista foram também observadas, apontando na mesma direcção; no entanto, o declive calculado para as letras apenas se correlacionou com o declive do PV 1, não com o do PV 2. Este padrão de correlações é assim consistente, simultaneamente, com a tese de uma origem motora comum a todas as formas de rotação mental (Wholschläger & Wholschläger, 1998), por um lado, e com a possibilidade de uma relativa independência funcional entre IV e IMot nos participantes controlo, por outro. A possibilidade de que a aprendizagem de contingências sensoriomotoras através do exercício da motilidade suporte a autonomização parcial de uma IV relativamente às suas origens motoras constitui um quadro plausível para a interpretação tanto dos resultados comuns aos dois grupos como das diferenças registadas entre eles.

A verificação de uma IMot preservada nos participantes com PC, reflectindo adequadamente os constrangimentos biomecânicos de movimentos que em vários casos não puderam nunca executar, poderia constituir-se num argumento contra a origem motora desta imaginaria e sugerir pelo contrário a sua origem visual (Vannuscorps, Pillon, & Andres, 2012). Esta possibilidade alternativa não constitui, em si mesmo, um argumento contra uma base motora da IMot, face aos resultados disponíveis sobre as interacções entre execução e percepção do movimento (e.g., Borghi, 2005; Brass et al., 2000; Chaminade et al., 2005; Decety, 2002; Gallese, 2005; Grèzes & Decety, 2001; Rizzolatti, 2005; Rizzolatti & Matelli, 2003; Urgesi et al., 2006). Um cenário no qual a observação da acção de outrem, associada a um sistema de planeamento motor essencialmente preservado do observador (mesmo que o mesmo não suceda com a execução motora), fornece contingências sensoriomotoras adequadas à representação implícita

do movimento, mantém-se compatível com a origem motora da IMot. A distinção comum entre componentes visuais (imaginação visual do movimento na primeira pessoa) e quinestésicas da IMot explícita (e.g., Ruby & Decety, 2003) é, igualmente, consistente com este cenário. A hipótese de uma origem exclusivamente visual desta imaginaria deixaria justamente por explicar a relação da informação visual com um sistema de constrangimentos bioanatómicos subjacente ao planeamento, execução e controlo da movimento (ver Clark, 2008; Wraga et al., 2003).

O impacto observado das limitações da acção não se limitou à imaginaria implícita convocada pelas tarefas de rotação mental. As medidas de clareza e vivacidade da imaginaria motora explícita fornecidas pelas duas subescalas do KVIQ-10 (Malouin et al., 2008) apresentaram correlações negativas com ambas as classificações de severidade do compromisso funcional (MACS e GMFCS) e com a classificação clínica TAL (que exprime largamente o número de membros afectados pela PC), e correlações positivas com o B&B (Mathiowetz et al., 1985) que avalia a destreza da função manual. Participantes com maiores compromissos apresentaram assim uma menor vivacidade da imaginação explícita do movimento. Não se verificaram no entanto, com uma única excepção (correlação da clareza visual da imaginação do movimento e a velocidade de rotação de mãos no PV 1), correlações significativas entre as medidas de imaginaria explícita e implícita (índices cronométricos). Este resultado apenas sublinha a heterogeneidade de aspectos e componentes associados à noção de IM, que acarreta certamente (Farah, Hammond, Levine, & Calvanio, 1988; Hishitani, Miyazaki, & Motoyama, 2011; Kosslyn, 1987; Mast, Ganis, Christie & Kosslyn, 2003; McAvinue & Robertson, 2007).

As variáveis género e lateralidade da mão apresentada (esquerda-direita) não se mostraram relevantes para a explicação das diferenças observadas entre os dois grupos. No que se refere aos diferentes subgrupos clínicos distinguidos pela TAL, os hemiplégicos direitos apresentaram um comportamento distintivo relativamente aos restantes subgrupos espásticos na tarefa de rotação de letras, apresentando valores de TR e percentagens de erros semelhantes à do subgrupo dos atáxicos e do grupo controlo. Provisoriamente, este resultado poderia tomar-se como apontando para a importância do hemisfério direito (neste subgrupo ipsilateral ao membro afectado) para a rotação de letras. O comportamento dos hemiplégicos direitos foi, pelo contrário, consistente com o dos restantes subgrupos espásticos, apresentando TR e taxas de erro superiores aos participantes atáxicos e controlo. Esta diferença no perfil de resultados apresentados

pelos hemiplégicos direitos sugere, por um lado, uma diferença de natureza entre as duas tarefas (expectável no quadro da tese da sua associação preferencial com a IV e IMot, respectivamente), por outro, uma especificidade deste subgrupo no que se refere a algumas das dimensões da IM. Em relação com este resultado, a evidência comportamental da utilização de uma estratégia de IMot na rotação de mãos por parte dos hemiplégicos direitos, contraria resultados reportados da literatura sobre um comprometimento da IMot neste subgrupo de participantes com PC (Mutsaerts et al., 2007; Van Elk et al., 2010).

Duas implicações substantivas, tanto de carácter aplicado como mais fundamental, parecem poder extrair-se deste primeiro conjunto de resultados relativos às tarefas de rotação de mãos.

- (1) O impacto das limitações da motricidade na IM mantém intacto o seu potencial de uso por parte dos participantes com PC, suportando os esforços de investigação orientados para a avaliação da sua utilidade potencial como instrumento de treino e reabilitação dos aspectos mais cognitivos (e.g., o planeamento) do comportamento motor em pessoas com PC (Steenbergen et al., 2009), à semelhança do que foi já demonstrado em pessoas TD e com condições clínicas motoras adquiridas (Dominey et al., 1995; Fiorio, Tinazzi, & Aglioti, 2006; Gabbard & Fox, 2013; Johnson-Frey, 2004; Nico et al., 2003; Schowebel et al., 2002). Adicionalmente, a possibilidade de que a observação da acção constitua igualmente uma ferramenta cognitiva para a sua reabilitação (ver Mulder, 2007) parece dever considerar-se, face à identidade da “fenomenologia implícita” dos constrangimentos biomecânicos observada entre os dois grupos, mesmo para movimentos que os participantes com PC podem certamente observar, mas não executar.

- (2) As limitações da actividade afectam a IV (lentificando-a) e não apenas a IMot, favorecendo a hipótese duma comunidade de processos (Wexler, Kosslyn, & Berthoz, 1998), e mesmo de uma origem motora comum (Johnston et al., 2004; Wohlschläger & Wohlschläger, 1998) das duas modalidades de IM, mais do que a hipótese rival da sua dissociação (Sirigu & Duhamel, 2001). Estendem-se, além disso, à IMot explícita (visual e quinestésica), sendo legítimo concluir que exercem um impacto global na IM concebida como “transformação mental de imagens”, transversal às distinções ainda mal esclarecidas, quer do ponto de vista nocional quer de procedimentos de medida, entre imaginaria visual, espacial, motora, ou

quinesésica.

Os estudos conduzidos com as tarefas de MomRep apresentaram, como resultado fundamental, a inversão da magnitude relativa do erro entre os dois grupos, PC e Controlo, em função da natureza da resposta utilizada – motora, envolvendo a localização da última posição percebida do alvo através do posicionamento do cursor do rato, ou perceptiva, envolvendo um julgamento do tipo “mesma/diferente” sobre a localização de uma sonda mnésica, idêntica ao alvo. Na condição motora, tanto o deslocamento-M (erro de localização no sentido do movimento) como o deslocamento-O (erro ortogonal ao movimento, tipicamente para baixo, no sentido de operação da gravidade) foram significativamente superiores no grupo PC. Na condição de julgamento perceptivo, pelo contrário, foram inferiores no grupo PC, apesar de a diferença relativamente ao grupo Controlo não atingir, neste caso, a significância estatística. Este resultado demonstra um impacto diferencial das limitações da actividade nas duas tarefas, a distinguir da observação já bem estabelecida de maiores erros de localização para diante (no sentido do movimento) com o formato de resposta motora (Brouwer, Franz, & Thornton, 2004; De Sá Teixeira & Oliveira, 2011; Kerzel, 2003; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Marinovic et al., 2012), verificada tanto no grupo Controlo como no grupo PC.

Com base nos resultados de Munger et al. (1999a) mostrando uma correlação entre maior velocidade de rotação mental e magnitude do MomRep (deslocamento-M), a hipótese de um impacto das limitações motoras no MomRep mediado pela lentificação da IM levaria a prever menores valores de deslocamento-M no grupo PC. Os resultados obtidos na condição de resposta motora são assim contrários à previsão, e questionam o papel de uma IM de “transformação mental” ou de extrapolação da trajectória do alvo após o seu desaparecimento na tarefa com localização motora. Os resultados obtidos com a metodologia de sonda (julgamento perceptivo) são, por sua vez, compatíveis com a intervenção de uma extrapolação mental do movimento do alvo, suportada pela IM, resultando em magnitudes de deslocamento-M inferiores nos participantes com velocidade de transformação mental mais reduzida (maior lentidão da rotação). Uma primeira implicação, relativa à diferença entre tarefas, é assim a de que o MomRep parece depender de mecanismos diferentes em cada uma delas, dependendo da natureza da resposta.

A análise das correlações entre o declive dos TR na rotação mental de letras e a magnitude do deslocamento-M fornece indicações complementares e de mesmo

sentido. Em ambos os grupos, PC e Controlo, esta correlação foi positiva na tarefa de localização, indicando que velocidades de transformação mais lentas (maiores declives) se associavam a maiores erros de localização para diante, e negativa (invertendo portanto o seu sentido) na tarefa de julgamento perceptivo, revelando que participantes com menores velocidades de rotação mental tendiam a apresentar nesse caso erros de localização para diante com menor magnitude. Esta mesma inversão de sentido foi observada nos restantes indicadores cronométricos (declives calculados para a rotação de mãos e DIFF), apesar de só uma das correlações (correlação positiva entre o DIFF A e o deslocamento-M no grupo PC na condição motora) ter atingido o critério de significância estatística. Atendendo ao que se esperaria de uma intervenção causal da IM na determinação do MomRep, a associação entre lentificação da IM e aumento do deslocamento-M com resposta motora (contrária ao esperado) deve plausivelmente interpretar-se não como uma associação directa entre as duas variáveis, mas como uma associação indirecta devida ao impacto em ambas das limitações de actividade – determinando uma lentificação correlativa da IM, por um lado, e um aumento da magnitude do MomRep, por outro.

Os dados fornecidos pela imposição de atrasos à resposta (intervalos de tempo entre o momento do desaparecimento do alvo e o momento da resposta) contribuem para uma interpretação coerente do conjunto dos resultados. Apenas na condição de julgamento perceptivo se observaram efeitos do atraso de resposta, que revelaram nos dois grupos um crescimento do deslocamento-M com o atraso até um valor assintota, seguido de um decréscimo. O pico do deslocamento-M foi, entretanto, atingido num valor de atraso mais tardio no grupo PC (600 ms) do que no grupo Controlo (450 ms). Considerando o envolvimento na tarefa de julgamento perceptivo de uma IM de extrapolação da trajectória, estes resultados apontam para uma extrapolação mais prolongada (dilatada no tempo) entre os participantes com PC.

O conjunto dos dados, aparentemente contraditório, é, na realidade, facilmente harmonizável quando interpretado à luz de uma função de antecipação da localização de objectos móveis, ao serviço da acção eficaz (e.g., da intercepção). Num cenário de comprometimento funcional da acção, marcado por maiores latências de execução, a intercepção de um objecto deve planear-se, tudo o resto permanecendo igual (i.e., o tempo para o início da acção), mais “para diante”, como sucede com os PC na tarefa de localização motora. Num cenário caracterizado pela lentificação de uma IM de extrapolação das trajectórias, secundária às limitações da acção, tudo o resto

permanecendo igual (i.e., o tempo de início da extrapolação), a extrapolação antecipatória deve prolongar-se mais no tempo. Trata-se de duas faces, espacial e temporal, de uma estratégia comum de antecipação. Esta interpretação é consistente com a proposta de que o MomRep exprime, fundamentalmente, um mecanismo de compensação dos atrasos neurais entre a percepção e a acção (Hubbard, 2006; Nijawhan, 2008) e permite compatibilizar os resultados das tarefas de localização motora e de julgamento perceptivo no quadro de uma função servida por mecanismos distintos (planeamento antecipatório do movimento; extrapolação por IM de uma trajectória) mas ordenada a um mesmo objectivo: favorecer a acção eficiente sobre os objectos móveis (Clark, 2010; Grush, 2004).

A IM surge como tendo na base um processo motor incorporado que recruta o sistema sensoriomotor e pode associar-se às representações dinâmicas nas suas possibilidades e constrangimentos. Mais do que a extrapolação perceptiva do movimento, as interpretações parecem consistentes com a mobilização, pela IMot, de recursos utilizados em actividades como captura/intercepção, gerando previsões alicerçadas em experiências motoras subjectivas. A especificidade corporal da IMot (Willems et al., 2009) e de mecanismos de antecipação é enfatizada nos resultados de MomRep com a clara sugestão de um plano de acção que implica uma deslocalização espacial percebida superior pelas pessoas com PC e, nestes, concretamente por aqueles que possuem limitações motoras mais marcadas.

Os resultados encontrados contribuem também com dados novos para literatura específica do MomRep (nunca antes reportados, tanto quanto pudemos encontrar). Um deles prende-se com o efeito da distância percorrida pelo alvo, cuja variação se encontra, tipicamente, confundida com o seu ponto de desaparecimento. Maiores distâncias (correspondendo normalmente a pontos de desaparecimento mais próximos da extremidade do ecrã) resultam em menores valores de deslocamento-M, um resultado verificado em tarefas com resposta de localização motora. Teixeira e Oliveira (2011) mostraram ser o ponto de desaparecimento, e não a distância percorrida, o factor responsável por esta redução da magnitude do MomRep. As razões possíveis para este efeito incluem a distância do ponto em extremidade do ecrã, o afastamento do ponto relativamente ao plano medial do participante, ou factores perceptivos de baixo nível como a excentricidade. Os resultados do presente estudo mostram que esta diminuição do deslocamento-M apenas ocorre na condição motora, verificando-se, ao contrário, uma tendência de aumento do erro para diante com a distância/ponto de desaparecimento na condição de

juízo perceptivo. A diminuição do erro com a distância não é assim consequência de factores espaciais, mas sensoriomotores, associados ao planeamento e execução de movimentos amplos mais afastados dos membros em relação ao plano medial (num espaço egocentrado). Um segundo resultado ausente da literatura sobre MomRep é o da correlação significativa verificada entre o deslocamento-M (erro para diante) e o deslocamento-O (ortogonal ao movimento, para baixo, no sentido determinado pela gravidade). Participantes com maior deslocamento-M tenderam, em ambos os grupos, a apresentar maiores valores de deslocamento-O, um resultado consistente com o papel predominante dos factores de planeamento antecipatório no quadro das tarefas com localização motora (e.g., a intercepção de um alvo envolve um planeamento integrando tanto a deslocação do alvo para diante como, em muitos casos, a sua deslocação para baixa sob a acção da gravidade).

O conjunto dos resultados é, assim, compatível com um recurso acrescido dos participantes PC a estratégias compensatórias incorporadas (*embodied*), espelhando as suas próprias experiências de interacção com objectos dinâmicos nomeadamente as que estão associadas a acções de intercepção ou evitamento como reforçado na subestimação geral do TTC. Uma subestimação mais evidente nos participantes com PC e nas situações em que o alvo é uma silhueta humana (em ambos os grupos) define, claramente, um efeito de *embodiment*. Esta antecipação na condição silhueta²¹ revela-se superior no grupo constituído pelas pessoas com PC. A observação de um alvo em movimento em direcção a um obstáculo específico pode ter solicitado representações internas da acção planeada e das suas consequências (White, 2012), num claro envolvimento de vivências motoras subjectivas. Esta conclusão fundamenta-se, reforçando-se, numa maior antecipação do momento de contacto estimado à medida que aumenta o grau de compromisso motor funcional, ou seja, num erro de antecipação inferior nos participantes controlo relativamente aos participantes com PC e, entre estes, num erro superior nos indivíduos com compromissos motores mais significativos.

Um resultado de interesse com enquadramento na hipótese do *embodiment* prende-se com a constatação, nos resultados deste trabalho, do envolvimento de uma

²¹ Estudos anteriores já haviam reportado a capacidade de os observadores reconhecerem e discriminar, com exactidão, imagens humanas e não humanas. Defendia-se que há características invariantes em imagens humanas que permitem o reconhecimento mesmo quando são introduzidas distorções no contorno de silhuetas (Norman, Dawson, & Raines, 2000), mantendo este “poder” ao nível da captura da atenção, mesmo quando são apresentadas em locais irrelevantes para a tarefa de pesquisa (Reeder & Peelen, 2013), o que não acontecia com imagens não humanas.

motricidade tão global que implica o corpo todo (plasmada pelas correlações encontradas com a medida GMFSC). Estes julgamentos podem implicar uma simulação que envolve o corpo inteiro, mobilizando o sistema motor e sendo influenciada pela postura física do corpo, ou da mão aquando da realização da acção. A hipótese deste envolvimento já apresentara robustez em estudos anteriores sobre a estimação do alcance (reach) dos movimentos (Calabro, 2011; Fischer, 2004) ou julgamento prospectivos da apreensão (Johnson, 2000), que sugeriam que o sistema motor influencia as estimativas subjectivas sobre as possibilidades de alcance, e que estas dependem de alterações posturais e das exigências de equilíbrio e estabilidade. Encontra-se frequentemente uma subestimação das capacidades de realização de uma acção, por exemplo, através da subestimação do alcance físico real pelo participante, mostrando a preferência por limiares mais confortáveis de execução (*absolute critical boundaries*), que é revelada quando os participantes têm possibilidade de optar pelo modo de execução (Mark et al., 1997). As correlações significativas encontradas entre a magnitude de antecipação e as diferentes medidas de compromisso motor funcional tanto com a GMFSC, como com os resultados da prova de destreza motora (B&B test) corroboram esta relação entre o nível da dificuldade motora e a antecipação do TTC.

Um resultado digno de referência é o comportamento particular dos participantes com hemiplegia à direita, que apresentam uma tendência dominante de sobrestimação do TTC comparados com os outros subgrupos e com participantes Controlo. Atendendo à interpretação do comportamento de subestimação como um efeito de um planeamento incorporado de uma preferência por limiares de antecipação favoráveis a acções de intercepção ou evitamento eficaz, este padrão de resposta sugere uma limitação na actividade de planeamento por parte dos hemiplégicos à direita. Esta conclusão revela-se compatível, por um lado, com a existência de défices específicos de planeamento neste grupo tipológico (Mutsaerts et al., 2004, 2005, 2006; Steenbergen et al., 2004; Steenbergen et al., 2007), por outro com a evidência relativa à especialização do hemisfério esquerdo (comprometido nos hemiplégicos à direita) no planeamento motor (Goldenberg, 1996; Hermsdorfer et al., 1996; Sabaté, Gonzalez, & Rodriguez, 2004; Steenbergen, Verrel, & Gordon, 2007; Sunderland & Sluman, 2000; Tomasino et al., 2003; Weiss et al., 2001).

Não obstante a relevância e volume dos resultados, estes não estão isentos de fragilidades que se traduzem, por um lado, em limitações, e, por outro, em potencial de aperfeiçoamento em futuras investigações. Conjugados com evidências disponíveis

na literatura, os resultados obtidos no presente trabalho, tornam possível equacionar várias direcções de investigação futura, ultrapassando também algumas das limitações apontadas. Uma das limitações prende-se com a constituição da amostra. Apesar do esforço realizado numa recolha equilibrada, as vastas classificações e possibilidades de enquadramento dos indivíduos com PC, trouxeram dificuldades nomeadamente no estabelecimento de algumas comparações entre os desempenhos pelos diferentes grupos clínicos ou níveis de funcionalidade. No entanto, o tamanho da amostra necessário para uma análise desta natureza colocou inibições de ordem prática, acentuadas pelas dificuldades na selecção de pessoas com PC que, dados as suas características e espectro de manifestações associadas/problemas secundários, cumprissem os critérios de inclusão definidos.

Relativamente à construção do desenho experimental, a organização necessária dos participantes por séries experimentais afastou a possibilidade de uma comparação entre os erros de estimativa nas tarefas de TTC e os erros de deslocamento nas tarefas de MomRep com sonda, uma vez que os participantes que realizaram tarefas de TTC apenas realizaram as experiências de MomRep, com localização motora. Ao nível da construção e montagem das experiências, os resultados obtidos justificariam também a introdução de um nível de atraso zero integrado nas experiências MomRep com atraso, bem como uma velocidade intermédia nas experiências de TTC, o que permitiria observar o padrão de desempenho que se dilui entre as duas primeiras velocidades introduzidas.

Em termos de medidas de avaliação, apesar de inicialmente proposto, não foi efectuada a recolha de dados imagiológicos nos indivíduos com PC que permitiria observar se as diferenças encontradas em termos comportamentais entre as rotações laterais e mediais se reflectiriam também ao nível neural, podendo confirmar o uso diferencial de estratégias para diferentes trajectórias rotativas, como seria previsto à luz da perspectiva da uma natureza incorporada da tarefa de julgamentos de lateralidade de mãos.

Uma direcção interessante de trabalho futuro consistiria na investigação da relação entre os indicadores cronométricos de velocidade de transformação mental, da magnitude dos índices DIFE, do deslocamento-M com localização motora, do curso temporal do MomRep com julgamento perceptivo, e do grau de subestimação do TTC com medidas de destreza/proficiência/funcionalidade motora em participantes controlo. Um equivalente desta investigação foi conduzida nos participantes com PC através das classificações de severidade MACS e GMFSC, contribuindo para reforçar

o perfil do impacto das limitações da actividade nas três tarefas consideradas.

Uma segunda direcção consistiria na investigação neurocronométrica dirigida ao esclarecimento da relação entre o mesmo conjunto de indicadores e a amplitude e latência de componentes de potenciais cerebrais evocados (ERPs) associados à rotação de letras e mãos (Best, Heil, & Konrad, 2010; Heil, 2002; Jongmsma et al., 2013; Núñez-Peña & Aznar-Casanova, 2008; van Elk et al., 2010) tanto em participantes controlo como com PC.

Concluimos com uma síntese dos principais resultados obtidos no quadro da dissertação:

- (1) Limitações funcionais importantes da actividade, como no caso da PC, modulam de forma significativa, variáveis de natureza perceptiva e representacional, e exercem um efeito documentável em mecanismos de processamento tanto de base espacial como temporal.
- (2) As tarefas de MomRep e de TTC envolvem, de forma fundamental, mecanismos incorporados (embodied) de planeamento motor.
- (3) A IM, tanto visual como motora, encontra-se qualitativamente intacta em pessoas com PC, incluindo subgrupos clínicos relativamente aos quais existe evidência convergente de défices no planeamento da acção (e.g., hemiplégicos à direita).
- (4) Entre as várias implicações para o terreno da intervenção contam-se as seguintes: potencial utilidade da IMot para a intervenção relativa a aspectos mais cognitivos do comportamento motor; potencial da observação da acção como ferramenta de reabilitação do movimento; importância da promoção de experiências sistemáticas de interacção com objectos dinâmicos como base para a incorporação dos limiares específicos de conforto e antecipação compensatória no planeamento de acções eficazes.

A par das técnicas de intervenção convencional junto da população com PC, estes podem constituir-se métodos promissores facilitadores dos desempenhos ao nível do planeamento da acção, nomeadamente em actividades funcionais e facilitadoras de autonomia, comportamento adaptativo e participação social.

REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- Aarts, P. B., Jongerius, P. H., Geerdink, Y. A., van Limbeek, J. & Geurts, A. C. (2010). Effectiveness of modified constraint-induced movement therapy in children with unilateral spastic cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24(6), 509-518.
- Adolph, K. E. (1997). Learning in the development of infant locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 62(3), 251. doi: 10.2307/1166199
- Alenyà, G., Negrè, A., & Crowley, J. L. (2009). Time To Contact for Obstacle Avoidance. In *4th European Conference on Mobile Robotics, ECMR 2009* (pp. 19-24). Dubrovnik, Croatia, September, 23-25.
- Alexander, G., Packard, M., & Peterson, B. (2002). Sex and spatial position effects on object location memory following intentional learning of object identities. *Neuropsychologia*, 40(8), 1516-1522.
- Alivisatos, B. & Petrides, M. (1997). Functional activation of the human brain during mental rotation. *Neuropsychologia*, 35, 111-118.
- Allard, T., Clark, S. A., Jenkins, W. M & Merzenich, M. (1991). Reorganization of somatosensory area 3b representations in adult owl monkeys after digital syndactyly. *Journal of Neurophysiology*, 66, 1048-1058.
- American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (2007). Perspectives. *Intellectual and developmental disabilities*, 45(4), 271-272.

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.
- Amick, M.A., Schendan, H.E., Ganis, G., & Cronin-Golomb, A. (2006). Frontostriatal circuits are necessary for visuomotor transformation: mental rotation in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 44, 339–349.
- Amorim, M.-A. & Stucchi, N. (1997). Viewer- and object-centered mental explorations of an imagined environment are not equivalent. *Cognitive Brain Research*, 5(3), 229–239.
- Amorim, M.-A. & Wexler, M. (2001). Perception des mouvements biologiques complexes et principes physiques invariants. In *Actes du IX^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives*, Valence, 1–3.
- Amorim, M.-A. (2010). Percevoir le contact pour agir. In C. Donnet, N. Mathevon, & E. Viennot (Eds.), *Le contact*. Presses Universitaires de Saint-Etienne: Collection “Les colloques de l'Institut Universitaire de France”.
- Amorim, M.-A., Isableu, B. & Jarraya, M. (2006). Embodied Spatial Transformations: “Body Analogy” for the Mental Rotation of Objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(3), 327–347.
- Amorim, M.-A., Lang, W., Lindinger, G., Mayer, D., Deecke, L., & Berthoz, A. (2000). Modulation of spatial orientation by mental imagery: A MEG study of representational momentum. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 569–582. doi:10.1162/089892900562345
- Andrada, Folha, T., Calado, E., Gouveia, R., & Virella, D. (2009). Paralisia Cerebral aos 5 anos de idade em Portugal: crianças com paralisia cerebral nascidas em 2001. Lisboa: Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral – Federação, 2009. ISBN 978-989-20-1995-6
- Andersen, G. J., & Sauer, C. W. (2004). Optical information for collision detection during deceleration. In H. Hecht & G. J. P. Savelsbergh. (Eds.), *Time-to-contact (Advances in Psychology, Vol. 135)*, (pp. 93–108). Amsterdam: Elsevier.
- Annett, J. (1995). Motor Imagery: Perception or action? *Neuropsychologia*, 33, 1395–1417.
- Ark, W. (2002). Neuroimaging Studies Give New Insight to Mental Rotation. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*, Big Island, Hawaii, January, 7–10.
- Ashida, H. (2004). Action-specific extrapolation of target motion in human visual system. *Neuropsychologia*, 42, 1515–1524 doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.03.003

- Ashwal, S., Russman, B. S., Blasco, P.A. et al. (2004). Practice parameter: diagnostic assessment of the child with cerebral palsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology*, *62*(6), 851–863.
- Bagnato, S.J. & Neisworth J.T. (1994). A national study of the social and treatment “invalidity” of intelligence testing for early intervention. *School Psychology Quarterly*, *9*(2), 81–102. doi: 10.1037/h0088852
- Baldissera, F., Cavallari, P., Craighero, L. & Fadiga, L. (2001). Modulation of spinal excitability during observation of hand actions in humans. *European Journal of Neuroscience*, *13*, 190–194.
- Bandura, A. (1989). Social cognitive theory. In R. Vasta (Ed.), *Annals of child development*. Vol. 6. *Six theories of child development* (pp. 1–60). Greenwich, CT: JAI Press.
- Barnes J., Hinkley L., Masters S., & Boubert, L. (2007). Visual memory transformations in dyslexia. *Perceptual and Motor Skills*, *104*, 881–91.
- Barnett, M.A., Vitaglione, G.D., Harper, K.K., Quackenbush, S.W., Steadman, L.A., & Valdez, B.S. (1997). Late adolescents’ experiences with and attitudes toward videogames. *Journal of Applied Social Psychology*, *27*, 1316–1334.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, *59*, 617–645.
- Barsalou, L. W. (2010). Grounded Cognition: Past Present, and Future. *Topics in Cognitive Science*, *2*, 716–724.
- Bartolomeo, P. (2002). The relationship between visual perception and visual mental imagery: A reappraisal of the neuropsychological evidence. *Cortex*, *38*, 357–378.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., de Gelder, B., Denes, G., Dalla Barba, G., Brugières, P., et al. (1998). Multiple-domain dissociation between impaired visual perception and preserved mental imagery in a patient with bilateral extrastriate lesions. *Neuropsychologia*, *36*(3), 239–249.
- Battaglini, L., Campana, G. & Casco, C. (2013). Illusory speed is retained in memory during invisible motion. *Iperception*, *4*(3), 180–191. doi: 10.1068/i0562
- Bauer, B. & Jolicoeur, P. (1996). Stimulus dimensionality effects in mental rotation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 82–94.

- Bax, M. C. (1964) Terminology and classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 11, 295-297.
- Beckett, S. (2002). *Dias Felizes*. Rio de Janeiro: Banco de Peças Teatrais, Biblioteca da UNIRIO.
- Behrmann, M., Winocur, G., & Moscovitch, M. (1992). Dissociation between mental imagery and object recognition in a brain-damaged patient. *Nature*, 359, 636-637.
- Benguigui, N., Ripoll, H., & Broderick, M. P. (2003). Time-to-contact estimation of accelerated stimuli is based on first-order information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(6), 1083-1101. DOI: 10.1037/0096-1523.29.6.1083
- Bennett S., Baures R., Hecht H., & Benguigui, N. (2010). Eye movements influence estimation of time-to-contact in prediction motion. *Experimental Brain Research*, 1-9. doi: 10.1007/s00221-010-2416-y
- Berlucchi, G & Aglioti, S (1997). The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. *Trends of Neuroscience*, 20, 560-564.
- Bertamini, M. (1993). Memory for position and dynamic representations. *Memory & Cognition*, 21, 449-457.
- Bertamini, M. (2002). Representational momentum, internalized dynamics, and perceptual adaptation. *Visual Cognition*, 9, 195-216.
- Bertamini, M., Spooner A., & Hecht, H. (2004). The representation of naive knowledge about physics. In G. Malcolm (Ed.), *Multidisciplinary Approaches to Visual Representations and Interpretations*. Liverpool: Elsevier.
- Bertenthal, B. & Pinto, J. (1994). Global processing of biological motions. *Psychological Science*, 5, 221-225.
- Bertenthal, B. I. (1993). Perception of biomechanical motions: Intrinsic image and knowledge-based constraints. In C. Granud (Ed.), *Carnegie symposium on cognition: Visual perception and cognition in infancy* (pp. 175-214). Hillsdale, NJ: Earlbaum.
- Bertenthal, B. I., Campos, J. J., & Kermoian, R. (1994). An epigenetic perspective on the development of self-produced locomotion and its consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 3, 140-145.
- Bertenthal, B., Proffitt, D., & Cutting, J. (1984). Infant sensitivity to invariant structure revealed

- through motion. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 213–230.
- Berthoz, A. (2010). La conscience du corps. *Le corps en acte : Centenaire Maurice Merleau-Ponty (1908-2008)*. Nancy: Presses Universitaires de Nancy.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Paris: Odile Jacob.
- Billington, J., Wilkie, R. M., Field, D. T., & Wann, J. P. (2011). Neural processing of imminent collision in humans. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1711, B 278, 1476–1481. doi: 10.1098/rspb.2010.1895
- Blakemore, S-J, & Decety, J. (2001). From the perception of action to the understanding of intention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(1), 561–567.
- Blakemore, S-J., Wolpert, D. & Frith, C. (2002). Abnormalities in the awareness of action. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 237– 242.
- Blattler, C., Ferrari, V., Didierjean, A., & Marmeche, E. (2011). Representational momentum in aviation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1569–1577.
- Blattler, C., Ferrari, V., Didierjean, A., van Elslande, P., & Marmeche, E. (2010). Can expertise modulate representational momentum? *Visual Cognition*, 18, 1253–1273.
- Bonda, E., Petrides, M., Frey, S. & Evans, A. (1995). Neural correlates of mental transformations of the body-in-space. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92, 11180–11184.
- Bonnet, C. & Paulos, C. (2004). A Wooden mannequin perceived as an animated object? In A. Oliveira, M. Teixeira, G. Borges & M. Ferro (Eds.), *Fechner Day 2004*, (pp. 315–319). Coimbra, Portugal: International Society for Psychophysics.
- Booth, A., Pinto, J. & Bertenthal, B. (2002). Perception of the symmetrical patterning of human gait by infants. *Developmental Psychology*, 38(4), 554–563.
- Bootsma, R. J., & Oudejans, R. R. (1993). Visual information about time-to-collision between two objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 19, 1041–1052.
- Borghetti, A. M. & Cimatti, F. (2010). Embodied cognition and beyond: Acting and sensing the body. *Neuropsychologia*, 48, 763–773.

- Borghi, A.M. (2005). Object concepts and action. In Pecher, D. & Zwaan, R. (Eds). *Grounding Cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking*, 8-34. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bradbury, R. (2012). *Fahrenheit 451*. New York: Simon & Schuster.
- Brasil-Neto JP, Cohen LG, Pascual-Leone A, Jabir FK, Wall RT, Hallett M. Rapid reversible modulation of human motor outputs after transient deafferentation of the forearm: a study with transcranial magnetic stimulation. *Neurology*, 42,1302–1306.
- Brass, M., Bekkering, H., Wohlschlaeger, A., Prinz, W. (2000). Compatibility between observed and executed finger movements: comparing symbolic, spatial and imitative cues. *Brain and Cognition*, 44, 124-143.
- Brenner, E., & Smeets, J. B. J. (2005). Intercepting moving targets: why the hand's path depends on the target's velocity. In B. E. Rogowitz, T. N. Pappas, & S. J. Daly (eds.), *Human Vision and Electronic Imaging X, Proc. SPIE-IS&T Electronic Imaging* (374–384).
- Bridgeman, B., Kirch, M. & Sperling, A. (1981) Segregation of cognitive and motor aspects of visual function using induced motion. *Perception and Psychophysics*, 29(4), 336–342.
- Brockmole, J., Wang, F., & Irwin, D. (2002). Temporal Integration between Visual Images and Visual Percepts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(2), 315–334.
- Brouwer, A. M., Franz, V. H., & Thornton, I. M. (2004). Representational momentum in perception and grasping: Translating versus transforming object. *Journal of Vision*, 4, 575–584.
- Brugger P, Kollias SS, Müri RM, Crelier G, Hepp-Reymond MC, & Regard M (2000). Beyond re-membering: phantom sensations of congenitally absent limbs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(11), 6167–72.
- Buccino G, Binkofski F & Riggio L. (2004a). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*, 89, 370–376.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., Porro, C., & Rizzolatti, G. (2004b). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by non-conspecifics: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 114–126.

- Buckingham, G. & Goodale, M.A. (2013) Size matters: a single representation underlies our perceptions of heaviness in the size-weight illusion. *PLoS One*, 8(1), e54709. doi: 10.1371/journal.pone.0054709 PMID: 23372759
- Byl, J. et al. (2003). Effectiveness of Sensory and Motor Rehabilitation of the Upper Limb Following the Principles of Neuroplasticity: Patients Stable Poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 17(3), 76 - 191.
- Caeiro (1993). Poemas Inconjuntos. In Poemas de Alberto Caeiro. Fernando Pessoa. Lisboa: Ática, 1946 (10ª ed. 1993).
- Caeyenberghs, K., Wilson, P. H., van Roon, D., Swinnen, S. P., & Smits-Engelsman, B. C. (2009). Increasing convergence between imagined and executed movement 225 across development: Evidence for the emergence of movement representations. *Developmental Science*, 12, 474–483.
- Caird, J.K. & Hancock, P.A. (1994). The perception of arrival time of on-coming vehicles at an intersection. *Ecological Psychology*, 6(2), 83–109.
- Calabro, F.J., Beardsley, S.A., & Vaina, L. M. (2011). Different motion cues are used to estimate time-to-arrival for frontoparallel and looming trajectories. *Vision Research*, 51(23-24), 2378-2385.
- Caljouw, S.R., Kamp, J. & Savelsbergh, G.J.(2004). Timing of goal-directed hitting: impact requirements change the information-movement coupling. *Experimental Brain Research*, 155(2), 135-144. doi:10.1007/s00221-003-1705-0
- Callow, N., & Hardy, L., (2004). The relationship between kinaesthetic imagery and different visual imagery perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 22, 167-177.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grezes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2005). Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, 15(8), 1243–1249. doi:10.1093/cercor/bhi007
- Campos, J. J., Bertenthal, B. I., & Kermoian, R. (1992). Early experience and emotional development: the emergence of wariness of heights. *Psychological Science*, 3, 61-64. doi: 10.1111/j.1467-9280.1992.tb00259.x
- Cans, C. et al. (2007). Recommendations from the SCPE collaborative group for defining

and classifying cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, [S.l.], 49, p. 35-38, Supplement 109.

Capelli, A., Berthoz, A. & Vidal, M. (2010): Estimating the time-to-passage of visual self-motion: Is the second order motion information processed? *Vision Research*, 50(9), 914-23.

Carriot, J., Dizio, P., & Nougier, V. (2008). Vertical frames and control of body orientation. *Neurophysiologie Clinique*, 38, 423-437.

Carrol, L. (2008). Alice's Adventures in Wonderland. Obtido de <http://www.gutenberg.org/files/11/11-pdf.pdf>.

Carroll, W. R., & Bandura, A. (1982). The role of visual monitoring in observational learning of action patterns: Making the unobservable observable. *Journal of Motor Behavior*, 14, 153-167.

Casanto, D. (2014). Bodily Relativity. In *Routledge Handbook of Embodied Cognition*. L. Shapiro (Ed.), pp. 108-117. New York: Routledge.

Castiello, U., Lusher, D., Mari, M., Edwards, M. G., & Humphreys, G. W. (2002). Observing a human or a robotic hand grasping an object: Differential motor priming effects. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Attention and performance XIX* (pp. 314-334). Cambridge, MA: MIT Press.

Catalan, J., Honda, M., Weeks, R., Cohen, L., Hallett, M. (1998). The functional neuroanatomy of simple and complex sequential finger movements: a PET study. *Brain*, 121, 253-264.

Cavallo, V. & Laurent, M. (1988). Visual information and skill level in time-to-collision estimation. *Perception*, 17, 623-632.

Chaminade, T. & Decety, J. (2001). A common framework for perception and action: Neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 879-882. doi:10.1017/S0140525X01230106

Chaminade, T., Meltzoff, A. & Decety, J. (2005). An fMRI study of imitation: Action representation and body schema. *Neuropsychologia*, 43, 115-127.

Chaminade, T., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2002). Does the end justify the means. A PET exploration of the mechanisms involved in human imitation. *NeuroImage*, 15, 318-328.

Chen, R., Cohen, L. G., & Hallett, M. (2002). Nervous system reorganization following injury. *Neuroscience*, 111(4), 761-773.

- Choudhury, S. Charman, T. Bird, V. & Blakemore, S.-J. (2007). Adolescent development of motor imagery in a visually guided pointing task. *Consciousness and Cognition*, *16*, 886-896.
- Clark, A. (2011). *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. Oxford University Press, New York.
- Clark, M.A., Merians, A.S., Kothari, A., Poizner, H., Macauley, B., Rothi, L. et al. (1994). Spatial planning deficits in limb apraxia. *Brain*, *117*, 1093-1106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/117.5.1093>
- Classen, J., Liepert, J., Wise, S. P., Hallett, M., & Cohen, L. G. (1998). Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *Journal of Neurophysiology*, *79*, 1117-1123.
- Cohen, M., Kosslyn, S., Breiter, H., DiGirolamo, G., Thomson, W., Anderson, S. Bookheimer, B. & Belliveau, J. (1996). Changes in Cortical Activity During mental Rotation: A mapping study using functional magnetic resonance imaging. *Brain*, *119*, 89 – 100.
- Cooper, L. & Shepard, R. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. Chase (Ed.), *Visual Information Processing* (135-142). New York, NY: Academic Press.
- Cooper, L. & Shepard, R. (1975). Mental transformations in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *10*(1), 48-56.
- Corballis, M. & Macadie, L., & Beale, I. (1985). Mental rotation and visual laterality in normal and reading disabled children. *Cortex*, *21*(2), 225-236.
- Corballis, M. & Sergent, J. (1988). Imagery in a commissurotomized patient. *Neuropsychologia*, *26*, 13-26.
- Corballis, M. C. & McLaren, R. (1984). Winding one's P's and Q's: Mental rotation and mirror image discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *10*, 318-327.
- Coull, J.T., Vidal, F., Goulon, C., Nazarian, B. & Craig, C. (2008). Using Time-To-Contact information to assess potential collision modulates both visual and temporal prediction networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, *2*, 10.
- Courbois, Y., Coello, Y., & Bouchart, I. (2004) Mental imagery abilities in adolescents with spastic diplegic cerebral palsy. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, *29*(3),

226-38.

- Courtney, J. R., & Hubbard, T. L. (2008). Spatial memory and explicit knowledge: An effect of instruction on representational momentum. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*, 1778-1784.
- Crajé, C., van der Kamp, J., & Steenbergen, B. (2009). Visual information for action planning in left and right congenital hemiparesis. *Brain Research*, *1261*, 54-64. doi:10.1016/j.brainres
- Crajé, C., van Elk, M., Beeren, M.E., van Schie, H. T., Steenbergen, B. & Bekkering, H. (2010). Compromised motor planning and motor imagery in right hemiparetic localisation cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, *31*(6), 1313-22.
- Crammond, D. (1997). Motor imagery: never in your wildest dream. *Trends in Neuroscience*, *20*, 54-57.
- Craver-Lemley, C., Arterberry, M. E., & Reeves, A. (1999). "Illusory" illusory conjunctions: The conjoining of features of visual and imagined stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 1036-1049.
- Creem, S., Downs, T., Harrington, G., Proffitt, D. & Downs, J. (2000). *Motor representations involved in perceiving tools and graspable non-tools*. Poster presented at the 6th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain, San Antonio, TX.
- Cross, E. S., Hamilton, A. F., & Grafton, S. T. (2006). Building a motor simulation de novo: Observation of dance by dancers. *Neuroimage*, *31*(3), 1257-1267. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.01.033
- Csordas, T. (1999). Embodiment and Cultural Phenomenology. In G. Weiss & H. Haber (Eds.), *Perspectives on Embodiment*, (pp. 143-162). New York: Routledge.
- Cunnington, R., Iansek, R., & Bradshaw, J. L. (1999). Relationships between movement initiation times and movement-related cortical potentials in Parkinson's disease. *Human Movement Science*, *18*(2-3), 443-459.
- Cunnington, R., Iansek, R., Johnson, K.A. & Bradshaw, J.L. (1997). Movement-related potentials in Parkinson's disease: Motor imagery and movement preparation. *Brain*, *120*, 1339-1353. doi: 10.1007/BF00228732
- Cunnington, R., Laluschek, W., Dirnberger, G., Walla, P., Lindinger, G., Asenbaum, S., Brücke,

- T., & Lang, W. (2001). A medial to lateral shift in pre-movement cortical activity in hemi-Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*, 112(4), 608-618. [http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00467-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00467-9)
- Cutting, J. E., & Kozlowski, L. T. (1977). Recognizing friends by their walk: Gait perception without familiarity cues. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 9 (5), 353-356.
- Dalvand, H., Dehghan, L., Hadian, M. et al. (2012). Relationship between gross motor and intellectual function in children with cerebral palsy: A cross-sectional study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(3), 480-484.
- Damásio, A. (1995). *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e Cérebro Humano*. Lisboa: Edições Europa-América.
- Dantas, M. (2009). *Sofrimento Psíquico - modalidades Contemporâneas e Expressões*. Curitiba: Juruá.
- Daprati, E. & Sirigu, A. (2002). Laterality effects on motor awareness. *Neuropsychologia*, 40(8), 1379-1386.
- Daprati, E., & Gentilucci, M. (1997). Grasping an illusion. *Neuropsychologia*, 35, 1577-1582.
- Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M. A., Muller, D., Santorelli, S. F., Urbanowski, F., Harrington, A., Bonus, K., & Sheridan, J. F. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, 65, 564-570.
- Davis, E. (1998). The naive physics perplex. *AI Magazine*, 19(14):51-79. doi: <http://dx.doi.org/10.1609/aimag.v19i4.1424>
- de Lange, F. P., Hagoort, P. & Toni, I. (2005). Neural Topography and Content of Movement Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(1), 97-112.
- de Lange, F. P., Helmich, R. C., & Toni, I. (2006). Posture influences motor imagery: an fMRI study. *Neuroimage*, 33, 609-617.
- de Lange, F. P., Roelofs, K., & Toni, I. (2008). *Motor imagery: a window into the mechanisms and alterations of the motor system*. *Cortex*, 44(5), 494-506. doi: 10.1016/j.cortex.2007.09.002
- De Renzi, E., Faglioni, P., & Sorgato, P. (1982). Modality-specific and supramodal mechanisms of apraxia. *Brain*, 105, 301-312.
- De Sá Teixeira, N. A & Oliveira, A. M. (2008). A functional approach to the integration of

- kynematic and dynamic variables in causal perception. *Japanese Psychological Research*, 50(4), 232-241.
- De Sá Teixeira, N. A. & Oliveira, A. M. (2014). Explorando a Trajetória Espaço-Temporal da Representação Dinâmica de Projéteis. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26, 721-729.
- De Sá Teixeira, N. A., & Oliveira, A. M. (2011). Disambiguating the effects of target travel- led distance and target vanishing point upon representational momentum. *Journal of Cognitive Psychology*, 23, 650-658.
- De Sá Teixeira, N.A., de Oliveira, A. M., & Viegas, R. (2008). Functional approach to the inte- gration of kinematic and dynamic variables in causal perception: *Is there a link between phenomenology and behavioral responses?* *Japanese Psychological Research*, 50, 232-241. doi: 10.1111./j.1468-5884.2008.00379.x
- De Sá Teixeira, N. A., Hecht, H., & Oliveira, A. M. (2013). The representational dynamics of remembered projectile locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39, 1690-1699.
- De Sá Teixeira, N., Oliveira, A. M., & Amorim, M-A. (2010). Combined effects of Mass and Velocity on forward displacement and phenomenological ratings: a functional mea- surement approach to the Momentum Metaphor. *Psicologica: International Journal of Methodology and Experimental Psychology*, 31, 659-676.
- de Vignemont, F, Tsakiris, M., & Haggard, P. (2005), Body mereology. In Human Body per- ception from the inside out, edited by G. Knoblich, I.M. Thornton, M. Grosjean, M. Shiffrar. *New York: Oxford University Press*, 147-170.
- De Vries, S., & Mulder, T. (2007). Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39, 5-13.
- Decety, J. & Boisson, D. (1990). Effect of brain and spinal cord injuries on motor imagery. *European Archives of Psychiatry Clinical Neuroscience*, 240, 39-43.
- Decety, J. & Chaminade, T. (2004). When the self represents the other: A new cognitive neu- roscience view of psychological identification. *Consciousness and Cognition*, 12, 577-596.
- Decety, J. & Ingvar, D. (1990). Brain structures participating in mental simulation of motor behaviour. A neuropsychological interpretation. *Acta Psychologica*, 73, 13-34.

- Decety, J. & Jeannerod, M. (1996). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitt's law hold in motor imagery? *Behavioural Brain Research*, 72, 127-34.
- Decety, J. & Michel, F. (1989). Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain and Cognition*, 11, 87-97.
- Decety, J. & Sommerville, J. (2003). Shared representations between self and other: a social cognitive neuroscience view. *Trends Cogn. Sci.*, 7(12), 527-533.
- Decety, J. (1996). Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cognitive Brain Research*, 3, 87-93.
- Decety, J. (1998). La simulation mentale de l'action: des données empiriques à la neurobiologie cognitive. Louvain: Société de Psychologie Scientifique de Langue Française.
- Decety, J., Grezes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., & Fazio, F. (1997). Brain activity during observation of actions: Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, 120, 1763-1777.
- Decety, J., Jeannerod, M., & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented actions. *Behavioral Brain Research*, 34, 35-42 .
- Decety, J., Perani, D., Jeannerod, M., Bettinardi, V., Tadary, B., Woods, R., Mazziotta, J. C., & Fazio, F. (1994). Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*, 371, 600-602.
- DeLucia, P. R. (1991) Pictorial and motion-based information for depth perception. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 17, 738 -748.
- DeLucia, P. R. (1998). Cognitive motion extrapolation and cognitive clocking in prediction motion task. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*, 24(3), 901-14. doi: 10.1037/0096-1523.24.3.901
- DeLucia, P. R. (1999). Size-arrival effects: The potential roles of conflicts between monocular and binocular time-to-contact information, and of computer aliasing. *Perception & Psychophysics*, 61, 1168-1177.
- DeLucia, P. R. (2004). Multiple sources of information influence time-to-contact judgments: Do heuristics accommodate limits in sensory and cognitive processes? In H. Hecht & G. J. P. Savelsburgh (Eds.), *Advances in psychology: Vol. 135. Time-to-Contact* (pp. 243-286). Amsterdam: Elsevier-North-Holland.

- DeLucia, P. R. (2004). Time-to-contact judgments of an approaching object that is partially concealed by and occluder. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 30, 287–304.
- DeLucia, P. R. (2013). Effects of size on collision perception and implications for perceptual theory and transportation safety. *Current Directions in Psychological Science*, 22, 199–204. doi:10.1177/0963721412471679
- DeLucia, P. R., & Liddell, G. W. (1998). Cognitive motion extrapolation and cognitive clocking in prediction motion tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 901–914. doi: 10.1037/0096-1523.24.3.901
- DeLucia, P. R., & Mather, R. D. (2006). Motion extrapolation of car-following scenes in younger and older drivers. *Human Factors*, 48, 666–674.
- DeLucia, P. R., & Novak, J. B. (1997). Judgments of relative time to contact of more than two approaching objects: Toward a method. *Perception & Psychophysics*, 59, 913–928.
- DeLucia, P. R., & Tharanathan, A. (2009). Responses to deceleration during car following: Roles of optic flow, warnings, expectations and interruptions. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 15, 334–350.
- DeLucia, P. R. & Warren R. (1994). Pictorial and motion-based depth information during active control of self-motion: Size-arrival effects on collision avoidance. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 20, 783–798.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Paris: PUF.
- Deregowski, J. & Sheperd, J. (1997). Sex differences on Bartel's task: an investigation into perception of real and depicted distances. *British Journal of Psychology*, 88(4), 637–51.
- de'Sperati, C. & Deubel, H. (2006). Mental extrapolation of motion modulates responsiveness to visual stimuli. *Vision Research*, 46, 2593–2601.
- De'Sperati, C. & Stucchi, N. (1997). Recognizing the motion of a graspable object is guided by handedness. *Neuroreport*, 8(12), 2761–2765.
- De'Sperati, C. & Stucchi, N. (2000). Motor imagery and visual event recognition. *Experimental Brain Research*, 133, 273–278.

- Deubel, H., Schneider, W.X., & Paprotta, I. (1998). Selective dorsal and ventral processing: Evidence for a common attentional mechanism in reaching and perception. *Visual Cognition*, 5(1/2), 81–107.
- Deutsch, G., Bourbon, W., Papanicolaou, A., & Eisenberg, H. M. (1988). Visuospatial Tasks compared via activation of regional cerebral blood-flow. *Neuropsychologia*, 26 (3), 445–452.
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176–180.
- Dijkerman, H.C., Ietswaart, M., & Johnston, M. (2010). Motor imagery and the rehabilitation of movement disorders: an overview. In A, Guillot & C. Collet (Eds.), *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press. (pp. 127–144).
- Dittrich, W. H. (1993). Action categories and the perception of biological motion. *Perception*, 22(1), 15–22.
- Ditunno, P. L. & Mann, V. A. (1990). Right hemisphere specialization for mental rotation in normals and brain damaged subjects. *Cortex*, 26(2), 177–188.
- Dollinger, S. (1995), Mental rotation performance: Age, sex, and visual field differences. *Developmental Neuropsychology*, 11(2), 215–222. doi: 10.1080/87565649509540614
- Dominey P., Decety J., Broussolle E., Chazot, G. & Jeannerod, M. (1995). Motor imagery of a lateralized sequential task is asymmetrically slowed in hemi-parkinson's patients. *Neuropsychologia*, 33, 727–741.
- Downs, T., Creem, S., Wraga, M., Harrington, G., Fox, K., Proffitt, D. & Downs, J. (1999). *Imagined rotations of the self: An fMRI study*. Poster presented at the 5th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain. Dusseldorf, Germany.
- Driskell, J.E., Copper, C. & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, 79, 481–492.
- Duff, S.J. & Hampson, E. (2001). A sex difference on a novel spatial working memory task in humans. *Brain and Cognition*, 47(3), 470–493.
- Duncan, E. & Bourg, T. (1983). On the mechanism underlying kinetic visual imagery. *Journal of mental imagery*, 7, 3 – 55.
- Edgin, J. O., Inder, T. E., Anderson, P.J., Hood, K. M., Clark, C. A., & Woodward, L. J. (2008).

- Executive functioning in preschool children born very preterm: relationship with early white matter pathology. *Journal of the international neuropsychological society*, 14, 90-101.
- Ehrenstein, W. H. (1994). Motion extrapolation and the Aubert-Fleischl phenomenon. *Perception*, 23(suppl), 27b.
- Ehrenstein, W. H. (2003) Basics of seeing motion. *Arquivo Brasileiro de Oftalmologia*, 66(5), 44-52. ISSN 0004-2749
- Eisenegger, C., Herwig, U., & Jäncke, L. (2007). The involvement of primary motor cortex in mental rotation revealed by transcranial magnetic stimulation. *European Journal of Neuroscience*, 25(4), 1240-1244.
- Ek, U., Fellenius, K., & Jacobson, L. (2003). Reading acquisition, cognitive and visual development and self-esteem in four young persons with cerebral visual impairment. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 97, 741-755.
- Eliasson, A., Krumlinde-Sundholm, L., Rösblad, B., Beckung, E., Arner, M., Öhrvall, A. & Rosenbaum, P. (2006). The manual ability classification system (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48, 549-554.
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology*, 9, 451- 471.
- Enfield, N.J. (2005). The body as a cognitive artifact in kinship representations: Hand gesture diagrams by speakers of Lao. *Current Anthropology*, 46(1), 51-81.
- Esben, P. (2003). *New CP - Cerebral Palsy: hold the light*. Copenhagen: The Danish Society for Cerebral Palsy.
- Escher, M. C. (1981). On Being a Graphic Artist. In G. Darlene (Ed.), *M. C. Escher, 29 Master Prints*. Harry N. Abrams, Inc.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study. *Journal of Neurophysiology*, 73, 2608-2611.
- Farah, M. J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
- Farah, M.J. (1985) Psychophysical evidence for a shared representational medium for mental

- images and percepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114(1), 91–103.
- Farah, M.J. (1988). Is Visual Imagery Really Visual? Overlooked Evidence From Neuropsychology. *Psychological Review*, 95(3), 307–317.
- Farah, M. J., Soso, M. J., & Dasheiff, R. M. (1992). Visual angle of the mind's eye before and after unilateral occipital lobectomy. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 241–246.
- Farah, M.J., Hammond, K.M., Levine, D.N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, 20, 439–462.
- Feltz, D. L. & Landers, D. M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. *Journal of Sport psychology*, 5, 25–57.
- Field, D.T. & Wann, J.P. (2005). Perceiving time to collision activates the sensorimotor cortex. *Current Biology*, 15, 1–20.
- Filippi, M., Oliveri, M., Pascualetti, P., et al. (2001). Effects of motor imagery on motor cortical output topography in Parkinson's disease. *Neurology*, 57, 55–61.
- Findlay, J. M. & Gilchrist, I. D. (2003). *Active Vision: the Psychology of Looking and Seeing*. Oxford: Oxford University Press.
- Finke, R.A. (1979). The Functional Equivalence of Mental Images and Errors of Movement. *Cognitive Psychology*, 11, 235–264.
- Finke, R.A. (1989). *Principles of mental imagery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Finke, R. A., & Freyd, J. J. (1985). Transformations of visual memory induced by implied motions of pattern elements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11, 780–794.
- Finke, R., & Freyd, J. J. (1989). Mental extrapolation and cognitive penetrability: Reply to Ranney and proposals for evaluative criteria. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(4), 403–408. doi: 10.1037/0096-3445.118.4.403
- Finke, R., & Shyi, G. (1988). Mental extrapolation and representational momentum for complex implied motions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 112–120.

- Finke, R., Freyd, J., & Shyi, G. (1986). Implied velocity and acceleration induce transformations of visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*, 175-188.
- Finke, R., Pinker, S. & Farah, M. (1989). Reinterpreting Visual Patterns in Mental Imagery. *Cognitive Science*, *13*, 51-78.
- Finke, R.A., & Freyd, J.J. (1994). Imagery. In R. Sternberg (Ed.), *Encyclopedia of Intelligence*, Volume 1. (pp. 561-563). New York: Macmillan Publishing Company.
- Fiorio, M., Tinazzi, M., & Aglioti, S.M. (2006). Selective impairment of hand mental rotation in patients with focal hand dystonia. *Brain*, *129*, 47-54. doi:10.1093/brain/awh430
- Fischer, M. H. (2004). Estimating reachability: Whole body engagement or postural stability? *Human Movement Science*, *19*(3), 297-318.
- Fischer, S. & Di Pellegrino, J. (1988). Hemispheric differences for components of mental rotation. *Brain and Cognition*, *7*, 1-15.
- Fitts ,P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, *47*, 381-391.
- Flanagan, C. (2003). *Gender mediation effects of training for a mental rotation task*. [On-line] Disponível em <http://clearinghouse.mwsc.edu/manuscripts/433.asp>. (30/01/2005)
- Flanagan, J. R., & Johansson, R. S. (2003). Action plans used in action observation. *Nature*, *424*, 769 – 771.
- Fonseca, V. (1999). *Insucesso Escolar: abordagem psicopedagógica das dificuldades de aprendizagem*. Lisboa: Âncora Editora.
- Foo, Y., Guppy, M. & Johnston, L. (2013). Intelligence assessments for children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*, *55*(10), 911-8. doi: 10.1111/dmcn.12157
- Foucault, M. (2008). *Isto não é um cachimbo*. São Paulo: Paz e Terra. Disponível em: <http://anarcopunk.org/biblioteca/wp-content/uploads/2009/01/foucault-michel-isto-nao-e-um-cachimbo.pdf>.
- Franklin, N. & Tversky, B. (1990). Searching imagined environments. *Journal of Experimental Psychology: General*, *119*, 63-76.

- Freedberg, D. & Gallese, V. (2007). Motion, Emotion and Empathy in Esthetic Experience. *Trends in Cognitive Science*, 11(5), 197-203.
- Freyd, J. J. & Finke, R. A. (1984). Representational Momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 126-132.
- Freyd, J. J. & Miller, G. F. (1992). *Creature motion. Paper presented at the Thirty-third Annual Meeting of the Psychonomic Society, St. Louis, November 13-15.*
- Freyd, J. J. (1983). The mental representation of movement when static stimuli are viewed. *Perception & Psychophysics*, 33, 575-581.
- Freyd, J. J. (1987). Dynamic mental representations. *Psychological Review*, 94, 427-438.
- Freyd, J. J. (1992). Dynamic representations guiding adaptive behavior. In F. Macar, V. Pouthas, & W. J. Friedman (Eds.), *Time, action, and cognition: Towards bridging the gap*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (pp. 309-323).
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1985). A velocity effect for representational momentum. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23, 443-446.
- Freyd, J. J., & Johnson, J. Q. (1987). Probing the time course of representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 259-269.
- Freyd, J., & Jones, K. (1994). Representational momentum for a spiral path. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 968-976.
- Frick, A., Daum, M., Wilson, M., & Wilkening, W. (2009). Effects of action on children's and adults' mental imagery *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(1), 34-51
- Friedman, A., & Hall, D. L. (1996). The importance of being upright: Use of environmental and viewer-centered reference frames in shape discriminations of novel three-dimensional objects. *Memory & Cognition*, 24, 285-295.
- Funk, M. & Brugger, P. (2002). Visual recognition of hands by persons born with only one hand. *Cortex*, 38, 860-863.
- Funk, M. & Brugger, P. (2008). Mental rotation of congenitally absent hands. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(1), 81-89. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1355617708080041>

- Funk, M., Shiffrar, M. & Brugger, P. (2005). Hand movement observation by individuals born without hands: phantom limb experience constrains visual limb perception. *Experimental Brain Research*, 164, 341-346.
- Gabbard, C., & Fox, A. (2013). Using motor imagery therapy to improve movement efficiency and reduce fall injury risk. *Journal of Novel Physiotherapies*, 3, 186. doi:10.4172/2165-7025.1000186
- Galifret-granjon, N. (1958). Batterie Piaget-Head (Tests d'orientation droite gauche). In Zazzo (Ed.), *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant* (49 – 85). Paris: Delachaux et Niestlé.
- Gallagher S. (1986). Body image and body schema. *J Mind Behav*, 7, 541-554.
- Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*. New York: Oxford University Press.
- Gallese V., Fadiga, L., Fogassi, L. & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Gallese, V. & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends of Cognitive Science*, 12, 493-501.
- Gallese, V. (2005). Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4, 23-48.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Gallese, V., Keysers, C. & Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 396-403.
- Gandevia, S. & Rotwell, J. (1987). Activation of the human diaphragm from the motor cortex. *Journal of Physiology*, 384, 109-118.
- Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, 23, 9240-9245.
- Gazzaniga, M. S. (1998). The Split Brain Revisited. *Scientific American*, 279(1), 35-39.
- Geary, D. C. (1995). Sexual selection and sex differences in spatial cognition. *Learning and Individual Differences*, 7(4), 289-301.

- Geary, D. C., Gilger, J. W., & Elliott-Miller, B. (1992). Gender differences in three-dimensional mental rotation: A replication. *Journal of Genetic Psychology, 153*(1), 115-117.
- Gendlin, E. T. (1992). The primacy of the body, not the primacy of perception. *Man and World, 25*(3-4), 341-353. Disponível em http://www.focusing.org/gendlin/docs/gol_2162.html
- Gentilucci M., Chieffi S., Deprati, E., Saetti, M. C. & Toni, I. (1996) Visual illusion and action. *Neuropsychologia, 34*(5), 369-376
- Gentilucci, M., Daprati, E. & Gangitano, M. (1998). Implicit visual analysis in handedness recognition. *Consciousness and Cognition, 7*, 478-493.
- Georgeson, M. (1997). Vision and action: you ain't seen nothin' yet ... *Perception, 26*, 1-6.
- Georgopoulos, A. & Pellizzer, G. (1995). The mental and the neural: Psychological and neural studies of mental rotation and memory scanning. *Neuropsychologia, 33*(11), 1531 – 1547.
- Georgopoulos, A., Lurito, J., Petrides, M., Schwartz, A., & Massey, J. (1989). Mental rotation of the neuronal population vector. *Science, 243*, 234-236.
- Gerardin, E., Sirigu, A., Lehericy, S., Poline, J., Gaymard, B., Marsault, C., Agid, Y., & Le Bihan, D. (2000). Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex, 10*, 1093-1104.
- Gerlach, C., Law, I., & Paulson, O. (2002). When Action Turns into Words. Activation of Motor-Based Knowledge during Categorization of Manipulable Objects *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*(8), 1230-1239.
- Ghaem, O., Mellet, E., Crivello, F., Tzourio, N., Mazoyer, B., Berthoz, A., & Deni, M. (1997). Mental navigation along memorized routes activates the hippocampus, precuneus, and insula. *NeuroReport, 8*, 739-744.
- Gibbs, R. (2006). *Embodiment and cognitive science*. New York: Cambridge University Press.
- Gibson, E. J. & Walk, R. D. (1960). The “visual cliff.” *Scientific American, 202*, 64-71.
- Gibson, J. J. (1958). Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. *British Journal of Psychology, 49*, 182-194. Disponível em: http://www.cog.brown.edu/courses/cg195/pdf_files/CG195Gibson_1958.pdf

- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gilden, D., Blake, R., & Hurst, G. (1995). Neural adaptation of imaginary visual motion. *Cognitive Psychology*, 28, 1-16.
- Gill, H., Michael, W. & Hathaway, J. (1998). Cortical distribution of EEG activity for component processes. *Cortex*, 34, 707-718.
- Glover, S. (2004). Separate visual representations in the planning and control of action. *Behavioral and Brain Sciences*, 27, 3-24.
- Goldenberg, G., Müllbacher, W., & Nowak, A. (1995) Imagery without perception—a case study of anosognosia for cortical blindness. *Neuropsychologia*, 33(11), 1373-82.
- Goldenberg, G. (1996). Defective imitation of gestures in patients with damage in the left or right hemisphere. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 61, 176-180.
- Goldstone, R., & Barsalou, L. (1998). Reuniting perception and conception. *Cognition*, 65, 231-262.
- Goodale, M. & Humphrey, G. (1998). The objects of action and perception. *Cognition*, 67(1), 181-207.
- Goodale, M. A. & Humphrey, G. K. (2001). Separate visual systems for action and perception. In E. B. Goldstein (Ed.), *Blackwell handbook of perception*, 311-343. Oxford: Blackwell.
- Goodale, M. A., Milner, A. D., Jakobson, L. S. & Carey, D. P. (1991) A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 349(6305), 154-156.
- Goodale, M. A. & Milner, M. A. (2004). *Sight Unseen: An Exploration of Conscious and Unconscious Vision*. Oxford University Press, 140.
- Goodale, M. A. & Westwood, D. A. (2004). An evolving view of duplex vision: separate but interacting cortical pathways for perception and action. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 203-211.
- Goodale, M. A. (2001). Different spaces and different times for perception and action. *Progress in Brain Research*, 134, 313-331.

- Goodale, M.A., Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15, 20–25.
- Grabowska, A., Nowicka, A. & Szymanska, O. (1999). Sex related effect of unilateral brain lesions on the perception of the Mueller-Lyer illusion. *Cortex*, 35, 231–241.
- Grafton, S. T., Fadiga, L., Arbib, M. A., & Rizzolatti, G. (1997). Premotor cortex activation during observation and naming of familiar tools. *Neuroimage*, 6, 231–236.
- Grafton, S., Arbib, M., Fadiga, L. & Rizzolatti, G. (1996). Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. *Experimental Brain Research*, 112, 103–111.
- Gray, R. & Thornton, I. M. (2001). Exploring the link between time-to-collision and representational momentum. *Perception*, 30, 1007–1022.
- Greene, E., & Nelson, B. (1997). Evaluating Müller–Lyer effects using single fin-set configurations. *Perception and Psychophysics*, 59, 293–312
- Greenough, W. & Chang, F. (1989). Plasticity of synapse structure and pattern in the cerebral cortex. In Peters & Jones (Eds.), *Cerebral Cortex*, 7, 391–440. New York: Plenum Press.
- Grèzes & Decety, (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1–19.
- Grèzes, J. & Decety, J. (2002). Does visual perception of object afford action? Evidence from a neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 40, 212 – 222.
- Grèzes, J., Armony, J., Rowe, J. & Passingham, R. (2003). Activations related to “mirror” and “canonical” neurones in the human brain: an fMRI study. *NeuroImage*, 18, 928–937.
- Grèzes, J., Costes, N., & Decety, J. (1998). Top down effect of the strategy on the perception of human biological motion: a PET investigation. *Cognitive Neuropsychology*, 15, 553–582.
- Grèzes, J., Fonlupt, P. Bertenthal, B., Delon–Martin, C., Segebarth, C., & Decety, J. (2001). Does perception of biological motion rely on specific brain regions? *NeuroImage*, 13, 775–785.
- Grèzes, J., Tucker, M., Armony, J., Ellis, R., & Passingham, R. E. (2003b). Objects automatically potentiate action: an fMRI study of implicit processing. *European Journal of Neuroscience*, 17, 2735–2740.

- Grosjean, M., Shiffrar, M., & Knoblich, G. (2007). Fitts' Law holds for action perception. *Psychological Science, 18*, 95–99.
- Grush, R. (2004). The emulator theory of representation: Motor control, imagery and perception. *Behavioral and Brain Sciences, 27*, 377–442.
- Guillot, A. & Collet, C. (2008). Construction of the motor imagery integrative model in sport: a review and theoretical investigation of motor imagery use. *Int Rev Sport Exerc Psychol, 1*, 31–44.
- Guillot, A. & Collet, C. (2008) Construction of the motor imagery integrative model in sport: a review and theoretical investigation of motor imagery use. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 1*, 31–44.
- Guillot, A., Di Rienzo, F., & Collet, C. (2014). The neurofunctional architecture of motor imagery. In T. D. Papageorgiou, G. I. Christopoulos, & S. M. Smirnakis (Eds.), *Advanced brain neuroimaging topics in health and disease: Methods and applications* (pp. 421–443). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/58270
- Gulliot, A. & Collet, C. (2005). Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Research Reviews, 50*, 387 – 397.
- Haaland K. Y., Elsinger, C.L., Mayer A.R., Durgerian, S. & Rao, S. (2004). Motor sequence complexity and performing hand produce differential patterns of hemispheric lateralization. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(4), 621–636. doi: 10.1162/089892904323057344
- Haaland, K. Y. & Harrington, D. L. (1996). Hemispheric asymmetry of movement. *Current Opinion in Neurobiology, 6*, 796–800. doi: 10.1016/S0959-4388(96)80030-4
- Halpern, A., & Kelly, M. (1993). Memory biases in left versus right implied motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19*, 471–484.
- Halpern, D., Benbow, C., Geary, D., Gur, R., Hyde, J. & Gernsbacher, M. (2007). The science of sex differences in science and mathematics. *Psychological Science in the Public Interest, 8*, 1–51.
- Hamm, J., Johnson, B., & Corballis, M. (2004). One good turn deserves another: An event-related brain potential study of rotated mirror-normal letter discriminations. *Neuropsychologia, 42*, 810–820.

- Harris, I. & Miniussi C. (2003). Parietal lobe contribution to mental rotation demonstrated with rTMS. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 315-323.
- Harris, I., Egan, G., Sonkkila, C., Tochon-Danguy, H., Paxinos, G., & Watson, J. (2000). Selective right parietal lobe activation during mental rotation: a parametric PET study. *Brain*, 123, 65-73.
- Haueisen & Knösche, 2001. Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception. *Journal of Cognitive Neuroscience archive*, 13(6), 786 - 792.
- Hayes, A.E. & Freyd, J.J. (2002) Representational momentum when attention is divided. *Visual Cognition*, 9, 8-27.
- Hecht, H., & Bertamini, M. (2000). Understanding Projectile Acceleration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 730-746.
- Hecht, H., Kaiser, M. K., Savelsbergh, G. J. & Van Der Kamp, J. (2002). The impact of spatio-temporal sampling on time-to-contact judgments. *Perception & Psychophysics*, 64, 650-666.
- Heil, M. (2002). The functional significance of ERP effects during mental rotation. *Psychophysiology*, 39, 535-545.
- Heil, M., & Rolke, B. (2002). Towards a chronopsychophysiology of mental rotation. *Psychophysiology*, 39, 414-422.
- Held, J. (2000). Recovery of function after brain damage: theoretical implications for therapeutic intervention. In J.H. Carr & R. B. Shepherd (Eds.), *Movement Science: Foundations for Physical Therapy in Rehabilitation*, 189-211, Aspen, Oxford, UK, 2nd edition.
- Helmich, R. C., de Lange, F.P., Bloem, B. R., & Toni, I. (2007). Cerebral compensation during motor imagery in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 45, 2201-2215. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.024
- Herman, J. F. & Bruce, P.R. (1983). Adults' mental rotation of spatial information: effects of age, sex and cerebral laterality. *Experimental Aging Research*, 9(2):83-5. DOI: 10.1080/03610738308258430
- Hermsdörfer, J., Mai, N., Spatt, J., Marquardt, C., Veltkamp, R. & Goldenberg, G. (1996). Kinematic analysis of movement imitation in apraxia, *Brain*, 119, 1575-1586.

- Hesslow, G. (2002) Conscious thought as simulation of behaviour and perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 242-247.
- Himpens, E., Van den Broeck, C., Oostra, A., Calders, P., & Vanhaesebrouck, P. (2008). Prevalence, type, distribution, and severity of cerebral palsy in relation to gestational age: a meta-analytic review. *Dev Med Child Neurol*, 50, 334-40.
- Hinnell, C., & Virji-Babul, N. (2004). Mental rotation abilities in individuals with Down syndrome: a pilot study. *Down Syndrome: Research & Practice*, 9(1), 12-16.
- Hiratuka, E., Matsukura, T. S. & Pfeifer, L. I. (2010). Cross-cultural adaptation of the Gross Motor Function Classification System into Brazilian-Portuguese (GMFCS). *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 14(6), 537-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552010000600013>
- Hishitani, S., Miyazaki, T., & Motoyama, H. (2011). Some Mechanisms Responsible for the Vividness of Mental Imagery: Suppressor, Closer, and Other Functions. *Journal of mental imagery*, 35(1&2), 5-32.
- Hof, P., van der Kamp, J. & Savelsbergh, G. J. (2004). The information-based control of interceptive timing: A developmental perspective. In H. Hecht & G. J. P. Savelsbergh (Eds.), *Time to contact* (pp. 141-172). North Holland: Elsevier.
- Hommel, B., Musseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). The Theory of Event Coding (TEC): A framework for perception and action planning. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 849-937.
- Hosking, S. G., & Crassini, B. (2010). The effects of familiar size and object trajectories on time-to-contact judgements. *Experimental Brain Research*, 203, 541-552.
- Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2004). On the tip of the mind: Gesture as a key to conceptualization. In Forbus, K., Gentner, D. & Regier, T. (Eds.), *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 589-594). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hubbard, T. L. & Ruppel, S. E. (2011). Effects of spatial cuing on the onset repulsion effect. *Attention, Perception & Psychophysics*, 73, 2236-2248. doi: 10.3758/s13414-011-0173-z.
- Hubbard, T. L. (1990). Cognitive representation of linear motion: Possible direction and gravity effects in judged displacement. *Memory & Cognition*, 18, 299-309.
- Hubbard, T. L. (1993). The effects of context on visual representational momentum. *Memory & Cognition*, 21, 103-114.

- Hubbard, T. L. (1997). Target size and displacement along the axis of implied gravitational attraction: Effects of implied weight and evidence of representational gravity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *23*, 1484-1493.
- Hubbard, T. L. (1999). How consequences of physical principles influence mental representation: The environmental invariants hypothesis. In Killeen, P.R. & Uttal, W. R. (Eds.), *Proceedings of the 15th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Tempe, AZ, USA: The International Society for Psychophysics (pp. 274-279).
- Hubbard, T. L. (2001). The effect of height in the picture plane on the forward displacement of ascending and descending targets. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *55*, 325-330.
- Hubbard, T. L. (2002). Mental representation reflects subjective experience: Convergent evidence from imagery and representational momentum. *Journal of Mental Imagery*, *26*, 60-65.
- Hubbard, T. L. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*, 822-851.
- Hubbard, T. L. (2006). Bridging the gap: Possible roles and contributions of representational momentum. *Psicologica*, *27*, 1-34.
- Hubbard, T. L. (2010). *Approaches to representational momentum: Theories and models*. In R. Nijhawan & B. Khurana (Eds.), *Space and time in perception and action* (pp. 338-365). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hubbard, T. L. (2011). Boundary extension as a new gestalt principle. In D. Algom, D. Zakay, E. Chajut, S. Shaki, Y. Mama, & V. Shakuf (Eds.), *Fechner Day 2011: Proceedings of the 27th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* (pp. 65-70). Raanana, Israel: International Society for Psychophysics.
- Hubbard, T. L. (2014). Forms of momentum across space: Representational, operational, and attentional. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*, 1371-1403.
- Hubbard, T. L., & Bharucha, J. J. (1988). Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception & Psychophysics*, *44*, 211-221.
- Hubbard, T. L., & Ruppel, S. E. (1999). Representational momentum and landmark attraction effects. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *53*, 242-256.

- Hubbard, T. L., Matzenbacher, D. L., & Davis, S. E. (1999). Representational momentum in children: Dynamic information and analogue representation. *Perceptual and Motor Skills*, 88, 910-916.
- Hubbard, T., Blessum, J., & Ruppel, S. (2001). Representational momentum and Michotte's (1946/1963) "launching effect" paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 294-301.
- Hubbard, T.L. (1995). Cognitive representation of motion: evidence for friction and gravity analogues. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 241-254.
- Hubbard, T.L. (1996). Representational momentum, centripetal force, and curvilinear impetus. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1049-1060.
- Hubbard, T.L. (1998). Representational momentum and other displacements in memory as evidence for nonconscious knowledge of physical principles. In: Hameroff, S.R., Kaszniak, A.W., Scott, A.C. (Eds.), *Towards a Science of Consciousness: The 1996 Tucson Discussions and Debates*. MIT Press, Cambridge, pp. 505-512.
- Hubbard, T.L., Kumar, A. M. & Carp, C. L. (2009). Effects of Spatial Cueing on Representational Momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(3):666-77. doi: 10.1037/a0014870
- Huettel, S.A., Mack, P.B., & McCarthy, G. (2002). Perceiving patterns in random series: dynamic processing of sequence in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 485-490.
- Hulme, C., Thomson, N., Muir, C., & Lawrence, A. (1984). Speech rate and the development of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38, 241-253.
- Ietswaart M, Johnston, M., Dijkerman, H.C., Joice, S., Scott, C.L., MacWalter, R. S. & Hamilton, S. J. (2011). Mental practice with motor imagery in stroke recovery: randomized controlled trial of efficacy. *Brain*, 134(5): 1373-1386. doi:10.1093/brain/awr077
- Ildi, C., Orliaguet, J.-P., Sokolov, A. & Pavlova, M. (2005). Perception of elliptic biological motion. In Monahan, J. S.; Sheffert, S. M. & Townsend, J. T. (Eds) (2005). *Fechner Day 2005. Proceedings of the 21st Annual Meeting of The International Society of Psychophysics*, 193-198. Mt. Pleasant, MI: The International Society of Psychophysics.
- Intraub, H. (2002). Anticipatory spatial representation of natural scenes: Momentum without movement? *Visual Cognition*, 9, 93-119.

- Intraub, H., & Richardson, M. (1989). Wide-angle memories of closeup scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *15*, 179-187.
- Intraub, H., Gottesman, C.V., Willey, E.V., & Zuk, I.J. (1996). Boundary extension for briefly glimpsed photographs: Do common perceptual processes result in unexpected memory distortion? *Journal of Memory and Language*, *35*, 118-134.
- Intraub, H., Hoffman, J.E., Wetherhold, C. J. & Stoehs S. (2006). More than meets the eye: The effect of planned fixations on scene representation. *Perception and Psychophysics*, *5*, 759-769.
- Ionta S, Blanke O (2008) Differential Influence of Hands Posture on Mental Rotation of Hands and Feet in left and Right Handers. *Experimental Brain Research*, *195*, 207-217.
- Ionta, S., Fourkas A.D., Fiorio, M. & Aglioti, S. M. (2007). The influence of hands posture on mental rotation of hands and feet. *Experimental Brain Research*, *183*, 1-7. doi: 10.1007/s00221-007-1020-2
- Ionta, S., Perruchoud, D., Draganski, B., & Blanke, O. (2012). Body context and posture affect mental imagery of hands. *PLoS One*, *7*(3), e34382. doi: 10.1371/journal.pone.0034382
- Ionta. S. & Blanke, O. (2009). Differential influence of hands posture on mental rotation of hands and feet in left and right handers. *Experimental Brain Research*, *195*, 207-217. doi: 10.1007/s00221-009-1770-0
- Jackson, P., Doyon, J. Richards, C. & Malouin, F. (2004). The Efficacy of Combined Physical and Mental Practice in the Learning of a Foot-Sequence Task after Stroke: A Case Report. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *18*(2), 106-111.
- Jackson, P., Lafleur, M., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurological rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *82*(8), 1133-1141.
- Jagacinski, R. J., Johnson, W. W., & Miller, R. A. (1983). Quantifying the cognitive trajectories of extrapolated movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *9*, 43-57.
- Jagaroo, V. (2004). Mental rotation and the parietal question in functional neuroimaging: A discussion of two views. *European Journal of Cognitive Psychology*, *16*(5), 717-728.

- Jarrett, C. B., Phillips, M., Parker, A., & Senior, C. (2002). Implicit motion perception in schizotypy and schizophrenia: A representational momentum study. *Cognitive Neuropsychiatry*, 7, 1-14.
- Jeannerod, M. & Decety, J. (1995). Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Current opinion in Neurobiology*, 5, 727 – 732.
- Jeannerod, M. & Frak, V. (1999). Mental imagining of motor activities in humans. *Current opinion in Neurobiology*, 9, 735 – 739.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 187-245.
- Jeannerod, M. (1997). *The Cognitive Neuroscience of Action*. Oxford: Blackwell.
- Jeannerod, M. (1999). The 25th Bartlett lecture: To act or not to act: Perspectives on the representation of actions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1, 1-29
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, 14, 103–109.
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, 14, S103–S109.
- Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition: What actions tell the Self*. Oxford: University Press.
- Jenkins, I., Brooks, D., Nixon, P., Frackowiak, R. & Passingham, R. (1994). Motor sequence learning: a study with positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 14, 3775–3790.
- Johansson, B. B. (2000). Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis Lecture. *Stroke* 31, 223-231.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics* 14, 201-211. Disponível em http://robotics.usc.edu/~maja/teaching/cs584/papers/Johansson_Visual_Perception.pdf
- Johnson, M. (1987). *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. Chicago: Chicago University Press.
- Johnson, P. (1982). The functional equivalence of imagery and movement. *Quarterly Journal of*

- Experimental Psychology*, 34A, 349–365.
- Johnson, S. H. (2000). Thinking ahead: The case of motor imagery in prospective judgements of prehension. *Cognition*, 74, 33–70.
- Johnson, S. H., Rotte, M., Grafton, S. T., Hinrichs, H., Gazzaniga, M. S., & Heinze, H.-J. (2002). Selective activation of a parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *NeuroImage*, 17, 1693–1704.
- Johnson, S., Sprehn, G. & Saykin, A. (2002). Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 841–852.
- Johnson-Frey, S. (2004). Stimulation through simulation? Motor imagery and functional reorganization in hemiplegic stroke patients. *Brain & Cognition*, 55(2), 328–331.
- Johnston, S., Leek, E., Thacker, N. & Jackson, A. (2004). Functional Contribution of Medial Pre-Cortex to Visuo-Spatial Transformation. *Tina Memo*, 200, 4–14.
- Jolicoeur, P., Snow, D., & Murray, J. (1987). The time to identify disoriented letters: Effects of practice and font. *Canadian Journal of Psychology*, 41, 303–316.
- Jonikaitis, D., Deubel, H. & de'Sperati, C. (2009). Time gaps in mental imagery introduced by competing saccadic tasks. *Vision Research*, 49(17):2164–2175. doi: 10.1016/j.visres.2009.05.021
- Jordan, J. S., & Hunsinger, M. (2008). Learned patterns of action-effect extrapolation contribute to the spatial displacement of continuously moving stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 113–124.
- Jordan, J. S., & Knoblich, G. (2004). Spatial perception and control. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 54–59.
- Jordan, J. S., Coey, C. & Tsippaoutis, K. (2009). When where things are depends on what you're doing: Stimulus control reverses implied friction effects in spatial perception. In M. Elliot, S. Antonijević, C. Martyn, H. Schmidt, B. Bargary, & P. Mulcahy (Eds.), *Fechner Day 2009: Proceedings of the 25th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Galway, Ireland: The International Society for Psychophysics.
- Jordan, J. S., Stork, S., Knuf, L., Kerzel, D. & Müsseler, J. (2002). Action planning affects spatial localisation. In Prinz, W. & Hommel, B. (Eds.), *Attention and performance XIX: Common*

- mechanisms in perception and action* (pp. 158–176). New York: Oxford University Press.
- Jordan, K., Heinze, H.-J., Lutz, K., Kanowski, M. & Jancke, L. (2001). Cortical Activations during the Mental Rotation of Different Visual Objects. *Neuroimage*, 13, 143 – 152.
- Joubert, J. (1842). In C. Gosselin (Ed.), *Pensée, essais et maximes de J. Joubert* (p. 161). Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=4gsQEKs0Jb0C&pg=PA161#v=onepage&q&f=false>
- Katz, J. & Melzack, R. (1990). Pain Memories in Phantom Limbs: Review and Clinical Observations. *Pain*, 43(3), 319–336.
- Keil, M. S. and López-Moliner, J. (2012). Unifying time to contact estimation and collision avoidance across species. *PLoS Comput Biol*, 8(8), e1002625.
- Kelly, M. H., & Freyd, J. J. (1987). Explorations of representational momentum. *Cognitive Psychology*, 19, 369–401.
- Kerzel, D. & Gegenfurtner, K. R. (2003). Neuronal processing delays are compensated in the sensorimotor branch of the visual system. *Current Biology*, 13(22), 1975–1978. doi: 10.1016/j.cub.2003.10.054
- Kerzel, D. (2000). Eye movements and visible persistence explain the mislocalisation of the final position of a moving target. *Vision Research*, 40(27), 3703–3715. doi: 10.1016/S0042-6989(00)00226-1
- Kerzel, D. (2002). The locus of “memory displacement” is at least partially perceptual: Effects of velocity, expectation, friction, memory averaging, and weight. *Perception & Psychophysics*, 64, 680–692.
- Kerzel, D. (2003). Centripetal force draws the eyes, not memory of the target, toward the center. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 458–466.
- Kerzel, D. (2005). Representational momentum beyond internalized physics: Embodied mechanisms of anticipation cause errors of visual short-term memory. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 180–184.
- Kerzel, D., & Hecht, H. (2001). Visual causality. In M. May & U. Oestermeier (Eds.), *Interdisciplinary Perspectives on Causality* (Bern Studies 4 ed., pp. 119–139). Books on Demand
- Khaw CW, Tidemann AJ, Stern LM. (1994). Study of hemiplegic cerebral palsy with a review

- of the literature. *J Paediatr Child Health*, 30(3), 224-9.
- Kolb, B. (1992). Mechanisms underlying recovery from cortical injury: reflections on progress and directions for the future. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 325, 169-186.
- König P., Krüger N. (2006). Symbols as self-emergent entities in an optimization process of feature extraction and predictions. *Biol. Cybern.* 94, 325-334. doi: 10.1007/s00422-006-0050-3.
- König, P., Wilming, N., Kaspar, K., Nagel, S., & Selim, O. (2013). Predictions in the light of your own action repertoire as a general computational principle. *Behavioral and Brain Sciences*, 36(3), 219-220.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*. Cambridge: MIT press.
- Kosslyn, S. M., Ball, & Reiser (1978). Visual Images Preserve Metric Spatial Information: Evidence from Studies of Image Scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 4(1), 47-60.
- Kosslyn, S. M., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L., & Alpert, N. M. (1998). Mental rotation of objects versus hands: neural mechanisms revealed by positron emission tomography. *Psychophysiology*, 35, 151-161.
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 635-642. doi:10.1038/35090055
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2006). Mental imagery and the human brain. In: Q. Jing, M. R. Rosenzweig, G. D'Ydewalle, H. Zhang, H.-C. Chen, & K. Zhang (Eds.), *Progress in Psychological Science Around the World, Vol. 1: Neural, Cognitive and Developmental Issues*, pp. 195-209. London: Psychology Press.
- Kosslyn, S. M., Koenig, O., Barrett, A. & Cave, C. (1989). Evidence for two types of spatial representations: Hemispheric specialization for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 15(4), 723-735.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W., Wraga, M., & Alpert, N. (2001b). Imagining rotation by endogenous versus exogenous forces: Distinct neural mechanisms. *NeuroReport*, 12(11), 2519-2525.

- Kourtzi, Z., & Kanwisher, N. (2000). Activation in human MT/MST for static images with implied motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 48-55.
- Krech, D., Rosenzweig, M. R. & Bennett, E. L. (1960). Effects of environmental complexity and training on brain chemistry. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 53, 509-519.
- Krukowski, A. E., Pirog, K.A., Beutter, B.R, Brooks, K.R. & Stone, L.S. (2003). Human discrimination of visual direction of motion with and without smooth pursuit eye movements. *Journal of Vision*, 3, 831-840.
- Lafleur, M., Jackson, P, Richards, C., Malouin, F, & Doyon, J. (2002). Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and the imagination of sequential foot movements. *NeuroImage*, 16, 142-157.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh: the embodied mind and its challenge to western thought*. New York: Basic Books.
- Le Seac'h, Senot, & McIntyre, 2010. Egocentric and allocentric reference frames for catching. *Experimental Brain Research*, 201(4), 653-662.
- Lee, D. N. (1998). Guiding movement by coupling taus. *Ecological Psychology*, 10, 221-250.
- Lee, D. N., Young, D. S., Reddish, D. E., Lough, S., & Clayton, T. M. H. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 333-346.
- Lee, J. H., & van Donkelaar, P. (2002). Dorsal and ventral visual stream contributions to perception-action interactions during pointing. *Experimental Brain Research*, 143, 440-446.
- Leonardo, M., Fieldman, J., Sadato, N., Campbell, G., Ibanez, V., Cohen, L., Deiber, M-P, Jezzard, P., Pons, T., Turner, R., Le Bihan, D., & Hallet, M. (1995). A functional magnetic resonance imaging study of cortical regions associated with motor task execution and motor ideation in humans. *Human Brain Mapping*, 3, 83-92.
- Levin, S., Mohamed, F & Platek, S. (2005). Common ground for spatial cognition? a behavioral and fMRI study of Sex Differences in mental rotation and spatial working memory. *Evolutionary Psychology*, 3, 227-254.
- Levitt, S. (2001). *O tratamento da paralisia cerebral e do retardo motor*. São Paulo: Manole

- Liu, K., Chan, C., Lee, T. & Hui-Chan, C. (2004). Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(9), 1403-1408.
- Lledo P.M., Alonso, M., & Grubb, M.S. (2006). Adult neurogenesis and functional plasticity in neuronal circuits. *Natural Review of Neuroscience*, 7, 179-193.
- Longo, M. R., Schüür, F., Kammers, M. P. M., Tsakiris, M., & Haggard, P. (2008). What is embodiment? A psychometric approach. *Cognition*, 107, 978-998.
- López-Moliner, J., Field, D. T., & Wann, J. P. (2007). Interceptive timing: Prior knowledge matters. *Journal of Vision*, 7(13)1-8. doi: 10.1167/7.13.11.
- Lotze, M., & Halsband, U. (2006). Motor imagery. *Journal of Physiology*, 99, 386-395. doi: 10.1016/j.jphysparis.2006.03.012
- Luft, A., Skalej, M., Stefanou, A., Klose, U. & Voigt, K. (1998). Comparing Motion and Imagery-Related activation in the human Cerebellum: A Functional MRI study. *Human Brainmapping*, 6, 105 – 113.
- Lust, J. M., Geuze, R. H., Wijers, A. A., & Wilson, P. H. (2006). An EEG study of mental rotation-related negativity in children with Developmental Coordination Disorder. *Child: Care, Health and Development*, 32, 649-663.
- Lyon, D. R., & Waag, W. L. (1995). Time course of visual extrapolation accuracy. *Acta Psychologica*, 89, 239-260.
- MacIntyre, T. & Moran, A. (2000). *There is more to an image than meets the eye. A series of qualitative studies investigating kinaesthetic imagery among elite athletes*. Paper presented at Congrès International de la SFPS - INSEP, Paris.
- Maioli, C., Falciati, L. & Giancesini, T. (2007). Pursuit eye movements involve a covert motor plan for manual tracking. *Journal of Neuroscience*, 27(27), 7168-7173. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1832-07.2007
- Majnemer, A., Shevell, M., Law, M., Poulin, C. & Rosenbaum, P. (2010). Level of motivation in mastering challenging tasks in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(12), 1120-6. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03732.x
- Makin, A. D., Poliakoff, E., Chen, J., & Stewart, A. J. (2008). The effect of previously viewed velocities on motion extrapolation. *Vision Research*, 48, 1884-1893. doi: 10.1016/j.

visres.2008.05.023

- Makin A. D. & Poliakoff, E. (2011). Do common systems control eye movements and motion extrapolation? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*, 1327-1343.
- Makin, A. D., & Bertamini, M. (2014). Do different types of dynamic extrapolation rely on the same mechanism? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*(4), 1566-1579.
- Makin, A. D., Ackerley, R., Wild, K., Poliakoff, E., Gowen, E., & El-Deredy, W. (2011) Coherent illusory contours reduce microsaccade frequency. *Neuropsychologia*, *49*(9), 2798-801.
- Makin, A. D., Poliakoff, E., Ackerley, R. & El-Deredy, W. (2012) Covert tracking: A combined ERP and fixational eye movement study. *PloS One*, *7*, e38479.
- Malouin F, Richards C. L. (2010). Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy*, *90*, 240-251 10.2522/ptj.20090029
- Malouin F, Richards C. L., Desrosiers J., Doyon J. (2004). Bilateral slowing of mentally simulated actions after stroke. *Neuroreport* *15*, 1349-1353 10.1097/01.wnr.0000127465.94899.72
- Malouin F, Richards C. L., Durand A., Doyon J. (2008). Clinical assessment of motor imagery after stroke. *Neurorehabil. Neural Repair* *22*, 330-340 10.1177/1545968307313499
- Malouin, F., & Richards, C. L. (2013). Clinical applications of motor imagery in rehabilitation. In S. Lacey & R. Lawson (Eds.), *Mutisensory Imagery* (pp. 397-419). New York, NY: Springer.
- Malouin, F., Desrosiers, J., Richards, C., Doyon, J. & Belleville, S. (2004). Training mobility tasks after stroke with combined mental and physical practice: a feasibility study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *18*, 66-75.
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, *31*, 20 – 29. doi: 10.1097/01.NPT.0000260567.24122.64
- Mancini, M. C. (2011) Ações da terapia ocupacional na criança com disfunção neurológica. In L. F. Fonseca, C. C. Xavier, G. Pianetti. (Org.). *Compêndio de neurologia infantil*. São Paulo: Saraiva. 2. p. 845-852.

- Marinovic, W., Plooy, A. M., & Arnold, D. H. (2012). The influence of visual motion on interceptive actions and perception, *Vision Research*, 60, 73-78.
- Marinovic, W.; Plooy, A.M. & Tresilian, J.R. (2009) Preparation and inhibition of interceptive actions. *Experimental Brain Research*, 197, 311-319.
- Marinovic, W.; Plooy, A.M. & Tresilian, J.R. (2009) The utilisation of visual information in the control of rapid interceptive actions. *Experimental Psychology*, 56, 265-273
- Mark, L.S., Nemeth, K., Gardner, D. Dainoff, M.J., Paasche, J., Duffy, M., & Grandt, K. (1997). Postural Dynamics and Preferred Critical Boundary for Visual Guided Reaching. *Journal of Experimental Psychology*, 23(5), 1365-1379.
- Markham, J. & Greenough, W. (2004). Experience-driven brain plasticity: beyond the synapse. *Neuron Glia Biology*, 1, 351-363. doi:10.1017/s1740925x05000219
- Marshuetz C, Smith EE, Jonides J, DeGutis J, Chenevert TL (2000) Order information in working memory: fMRI evidence for parietal and prefrontal mechanisms. *Journal of Cognitive Neuroscience* 12 (Suppl 2), 130-144.
- Martins, I. C. & Leitão, L. (2012). O Aluno com Paralisia Cerebral em contexto educativo: Diferenciação de metodologias e de estratégias. *Revista Millenium*, 42, 59-67.
- Martins, I. C., Oliveira, A. M. & Amorim, M-A. (2005). *Mental rotation of hands: Comparing motor able and cerebral palsy subjects*. In J.S. Monahan, S. M. Sheffert & J. T. Townsend (Eds.) *Fechner Day 2005. Proceedings of the 21st Annual Meeting of The International Society of Psychophysics*, 193-198. Mt. Pleasant, MI: The International Society of Psychophysics.
- Martins, I. C., OLiveira, A.M, & Amorim, M-A. (2006). *Mãos que não rodam: Estudo cronométrico da rotação mental de letras e mãos em pessoas com Paralisia Cerebral*. Dissertação de Mestrado não publicada. Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Mathiowetz, V., G.Volland, et al. (1985). Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *American Journal of Occupational Therapy*, 39(3160243), 386-391.
- McAvinue, L. P. & Robertson, I. H. (2008). Measuring motor imagery ability: A review. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20(2), 232-251.
- McConnell, K., Johnston, L., & Kerr, C. (2011). Upper limb function and deformity in cerebral palsy: a review of classification systems. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53,

799-805. doi: 10.1111/j.1469-8749.2011.03953.x

- Mehta, Z., & Newcombe, F. (1991). A role for the left hemisphere in spatial processing. *Cortex*, 27, 151-167.
- Meister, I., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Müller, M., Topper, R. & Thron, A. (2004). Playing piano in the mind - an fMRI study on music imagery and performance in pianists. *Cognitive Brain Research*, 19(3), 219-228.
- Mellet, E., Bricogne, S., Tzourio-Mazoyer, N., Ghaem, O., Petit, L., Zago, L., Etard, O., Berthoz, A., Mazoyer, B. & Denis, M. (2000) Neural correlates of topographic mental exploration: the impact of route versus survey learning. *NeuroImage*, 12, 588-600.
- Meltzoff, A. N. & Decety, J. (2003). What imitation tells us about social cognition: a rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 358, 491-500.
- Meltzoff, A. N. (1995). Understanding the intentions of others: Reenactment of intended acts by 18-month-old children. *Developmental Psychology*, 31, 838-850.
- Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2003). What imitation tells us about social cognition: A rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience, In C. Frith & D. Wolpert (Eds.), *The neuroscience of social interaction: Decoding, influencing, and imitating the actions of others*. Oxford: Oxford University Press (pp. 109-130).
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1999). Resolving the debate about early imitation. In A. Slater & D. Muir (Eds.), *The Blackwell reader in developmental psychology* (pp. 151-155). Oxford, England: Blackwell.
- Ment, L. R., Bada, H. S., Barnes, P., et al. (2002) Practice parameter: neuroimaging of the neonate: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology*, 58, 1726-1738.
- Merzenich, M., Wright, B., Jenkins, W., Xerri, C., Byl, N., Miller, S. and Tallal, P. (1996). Cortical plasticity underlying perceptual, motor, and cognitive skill development: implications for neurorehabilitation. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol*, 61, 1-8.
- Miall, R. C., & Wolpert, D. M. (1996). Forward models for physiological motor control. *Neural Networks*, 9, 1265-1279.

- Milner, A. & Goodale, M. (1995). *The Visual Brain in Action*. Oxford: Oxford University Press.
- Milner, A. & Goodale, M. (1998). The visual brain in action. *Psyche*, 4. [On-line]. Disponível em <http://psychology.dur.ac.uk/staff/pubs/ADM-1998k.htm>. (10/01/2005)
- Milner, A.D., & Goodale, M.A. (2006). *The Visual Brain in Action: 2nd Edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Monahan, J. S., Harke, M. A. & Shelley, J. R., (2008) Computerizing the mental rotations test Are gender differences maintained? *Behavior Research Methods* 40(2), 422-427.
- Montagne, G., de Rugy, A., Buekers, M., Durey, A., Taga, G. & Laurent, M. (2004). How time-to-contact is involved in the regulation of goal directed locomotion. In H. Hecht, G.J.P Savelsbergh (eds.), *Time to contact. Advances in psychology series*. Elsevier, North-Holland, (pp 475-491).
- Montapert, A. (1982). *A Suprema Filosofia do Homem*. Porto: Brasília.
- Moran, A., Guillot, A., MacIntyre, T., & Collet, C. (2011). Re-imagining motor imagery: Building bridges between cognitive neuroscience and sport psychology. *British Journal of Psychology*. doi: 10.1111/j.2044-8295.2011.02068.x
- Moreau, D., Mansy-Dannay, A., Clerc, J., & Guerrién, A. (2011). Spatial ability and motor performance: Assessing mental rotation processes in elite and novice athletes. *International Journal Of Sport Psychology*, 42(6), 525-547.
- Morris, C. & Bartlett, D. (2004) Gross Motor Function Classification System: impact and utility. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46(1), 60-5.
- Moscovitch, M., Behrmann, M. & Winocur, G. (1994). Do PETS have long or short ears? Mental imagery and neuroimaging. *Trends in Neuroscience*, 17(7), 292-294.
- Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*, 114(10), 1265-1278. doi: 10.1007/s00702-007-0763-z
- Mulder, T., Hochstenbach, J., Van Heuvelen, M., & Den Otter, A. (2007). Motor imagery: the relationship between age and imagery capacity. *Human Movement Science*, 26, 203-211.
- Mulder, T., Zijlstra, S., Zijlstra, W. & Hochstenbach, J. (2004). The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Experimental Brain Research*, 154(2), 211-217.
- Mummery, C., Patterson, K., Hodges, J. & Price, C. (1998). Functional neuroanatomy of the

- semantic system: Divisible by what? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 766-777.
- Munger, M. P., & Owens, T. R. (2004). Representational momentum and the flash-lag effect. *Visual Cognition*, 11, 81-103.
- Munger, M. P., Solberg, J. L., & Horrocks, K. K. (1999a). On the relation between mental rotation and representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1557-1568.
- Munger, M. P., Solberg, J. L., Horrocks, K. K., & Preston, A. S. (1999b). Representational momentum for rotations in depth: Effects of shading and axis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 157-171.
- Muñoz, J., Blasco, G., Suárez, M. (1997) Deficientes motores II: Paralisia Cerebral. In Bautista, R. (Ed.), *Necessidades Educativas Especiais* (293 – 315). Lisboa: Dinalivro.
- Munzert, J., Lorey, B., & Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: the role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*, 60, 306-326. doi:10.1016/j.brainresrev.2008.12.024
- Murata, A., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Raos, V. & Rizzolatti, G. (1997). Object representation of ventral premotor cortex in the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 78, 2226-2230.
- Müsseler, J., Stork, S., & Kerzel, D. (2002). Comparing mislocalizations with moving stimuli: The Fröhlich effect, the flash-lag, and representational momentum. *Visual Cognition*, 9, 120-138.
- Mutsaerts, M., Steenbergen, B., & Bekkering, H. (2005). Anticipatory planning of movement sequences in hemiparetic cerebral palsy. *Motor Control*, 9, 435-454.
- Mutsaerts, M., Steenbergen, B., & Bekkering, H. (2006). Anticipatory planning deficits and context effects in hemiparetic cerebral palsy. *Experimental Brain Research*, 172, 151-162.
- Nagai, M. & Saiki, J. (2002). *Representational momentum is not affected by induced motion*. Paper presented at International Workshop on Attention and Cognition, October, Kyoto, Japan.
- Naito, E., Kochiyama, T., Kitada, R., Nakamura, S., Matsumura, M., Yonekura, Y., & Sadato, N. (2002). Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *Journal of Neuroscience*, 22(9), 3683-3691.

- Nather, F. C., Bueno, J. L., Bigand, E., & Droit-Volet, S. (2011). Time changes with the embodiment of another's body posture. *PlosOne*, *6*, 1-7. doi: 10.1371/journal.pone.0019818
- Neisworth, J. T., & Bagnato, S. J. (2004). The mismeasure of young children: The authentic assessment alternative. *Infants and Young Children*, *17*, 198-212.
- Nelles, G., Jentzen, W., Jueptner, M., Muller, S. & Diener, H. C. (2001). Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography. *Neuroimage*, *13*, 1146-54.
- Nico, D., Daprati, E., Rigal, F., Parsons, L. M., & Sirigu, A. (2004). Left and right hand recognition in upper limb amputees. *Brain*, *127*(1), 120-132. DOI: 10.1093/brain/awh006, 120-132. doi: 10.1093/brain/awh006
- Nijhawan, R. (1994). Motion extrapolation in catching. *Nature*, *370*(6487), 256-7.
- Nijhawan, R. (2002). Neural delays, visual motion and the flash-lag effect. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(9), 387-393.
- Nijhawan, R. (2008). Visual prediction: Psychophysics and neurophysiology of compensation for time delays. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*, 179 - 239. doi: 10.1017/S0140525X08003804
- Nishitani, N. & Hari, R. (2000). Temporal dynamics of cortical representation for action. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *97*, 913-918.
- Nithianantharajah, J. & Hannan, J. (2006). Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience* *7*, 697-709. doi:10.1038/nrn1970
- Noë, A. (2004). *Action in Perception. Representation and Mind*. Cambridge, MA: The MIT.
- Norman, J. (2001). Ecological psychology and the two visual systems: Not to worry! *Ecological Psychology*, *13*, 135-145.
- Norman, J. (2002). Two visual systems and two theories of perception: An attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches. *Behavioral and Brain Sciences*, *25*, 73-144.
- Norman, J. F., Dawson, T. E., & Raines, S. R. (2000). The perception and recognition of natural object shape from deforming and static shadows. *Perception*, *29*, 135-148.

- Orlick, T., & Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105-130.
- Ostenjo, S., Carlberg, S., & Vollestad, N. (2003). Everyday functioning in young children with cerebral palsy: functional skills, caregiver assistance, and modifications of the environment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45, 603-612.
- Pagano, C.C. & Bingham, G. P. (1998). Comparing measures of monocular distance perception: Verbal and reaching errors are not correlated. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(4), 1037-1051.
- Page, S. J., Levine, P. & Leonard A. (2007). Mental practice in chronic stroke - results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke*, 38, 1293-7.
- Page, S. J., Levine, P., Khoury, J. C. (2009). Modified constraint-induced therapy combined with mental practice thinking through better motor outcomes. *Stroke*, 40, 551-554.
- Page, S.J., Levine, P., Sisto, S. & Johnston, M. (2001). Mental Practice Combined With Physical Practice for Upper-Limb Motor Deficit in Subacute Stroke: a case report. *Physical Therapy*, 81(8), 1455-1462.
- Paivio, A. (2007). *Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Palisano, R., Rosenbaum, P. & Walter, S. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39, 214-223.
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D. & Livingston, M. (2007). *Gross Motor Function Classification System Expanded and Revised*. CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University.
- Pantev. C., Ross, B., Fujioka, T., Trainor, L., Schulte, M., & Schulz, M. (2003). Music and learning-induced cortical plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 438-450.
- Park, S., Intraub, H., Yi, D. -J., Widder, D., & Chun, M. M. (2007). Beyond the Edges of a view: Boundary extension in human scene-selective visual cortex. *Neuron* 54, 335-342. doi:10.1016/j.neuron.2007.04.006
- Parkinson, J., Springer, A. & Prinz, W. (2011). Can you see me in the snow? Action simulation

- aids the detection of visually degraded human motion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (Hove)*, 64(8), 1463-72. doi: 10.1080/17470218.2011.594895.
- Parsons, L. (1987). Imagined spatial transformation of one's hands and feet. *Cognitive Psychology*, 19, 178-241.
- Parsons, L. (1994). Temporal and Kinematic properties of Motor Behavior Reflected in Mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and performance*, 20(4), 709-703.
- Parsons, L. (2001b). Temporal Imagined Spatial Transformation of one's body. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(2), 172 – 191.
- Parsons, L., Gabrieli, J., Phelps, E., & Gazzaniga, M. (1998). Cerebrally Lateralized Mental Representations of Hand Shape and Movement. *The Journal of Neuroscience*, 18(16), 6539-6548.
- Parsons, L., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M.; Bluestein, B., Buckwalter, J. & Rizzo, A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42, 555-562.
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L., Brasil-Neto, J., Cammarota, A., & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, 74(3), 1037-1045.
- Pellizer, G. (1996). Mental transformations in the motor cortex. *Cognitive Brain Research*, 5, 123-130.
- Perani, D., Fazio, F., Borghese, N., Tettamanti, M., Ferrari, S., & Decety, J. (2001). Different brain correlates for watching real and virtual hand actions. *Neuroimage*, 14(3), 749-758.
- Perenin, M.T. & Rossetti, Y. (1996). Grasping without form discrimination in a hemianopic field. *Neuroreport* 7, 793-797.
- Peronnet, F., & Farah, M. J. (1989). Mental rotation: An event-related potential study with a validated mental rotation task. *Brain & Cognition*, 9, 279-288.
- Pessoa, F. (1986). *Livro do Desassossego, por Bernardo Soares, 1ª Parte*. Mem Martins: Europa-América.
- Peterken, C., Brown, B., & Bowman, K. (1991). Predicting the future position of a moving target. *Perception*, 20, 5-16.

- Petit, L., Pegna, A., Mayer, E., & Hauert, C-A. (2003). Representation of anatomical constraints in motor imagery: Mental rotation of a body segment. *Brain and Cognition*, 51, 95 – 101.
- Piaget, J. (1977). *A Linguagem e o pensamento da criança*. Lisboa: Moraes Editores.
- Platão (1991). Disponível em: <http://dms107.files.wordpress.com/2013/08/allegory-of-the-cave.pdf>.
- Post, R., Welch, R. & Bridgeman, B. (2003). Perception and action: Two modes of processing visual information. In J. Andre, D. Owens & Jr. L. Harwey (Eds). *Visual perception: The influence of H. W. Leibowitz*, 143-154. Washington, DC: American Psychological Association.
- Proffitt, D. R. (2006). Embodied perception and the economy of action. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 110-122.
- Puce, A. & Perret, D. (2003) Electrophysiology and brain imaging of biological motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 358, 435-445.
- Pueyo, R., Junqué, C., Vendrell, P., Narberhaus, A., & Segarra, D. (2008). Raven's Coloured Progressive Matrices as a measure of cognitive functioning in Cerebral Palsy. *Journal of Intellectual Disability Research*, 52, 437-445.
- Pylyshyn, Z. W. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88(1), 16-45.
- Pylyshyn, Z. W. (2002). Mental Imagery: In search of a theory. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 157-237.
- Pylyshyn, Z. W. (2003). Return of the mental images: are there really pictures in the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 111-112.
- Radman, Z. (2013). *The Hand, an Organ of the Mind: What the Manual Tells the Mental*. MIT Press, Cambridge.
- Rao, H., Han, S., Jiang, Y., Xue, Y., Gu, H., Cui, Y. & Gao, D. (2004). Engagement of the pre-frontal cortex in representational momentum: An fMRI study. *Neuroimage*, 23, 98-103.
- Raven, J. C.; Court, J. H & Raven, J. (1995). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary*

- Scales. Section 2. Coloured Progressive Matrices.* Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Reed, C. L. & Farah, M. (1995). The psychological reality of the body schema: A test with normal participants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(2), 334-343.
- Reed, C. L. & Vinson, N. G. (1996). Conceptual effects on representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 839-850.
- Reeder, R. & Peelen, M. (2013). The contents of the search template for category-level search in natural scenes. *Journal of Vision*, 13(3), 1-13.
- Richardson, M. & Flash, T. (2000). On the Emulation of Natural Movements by Humanoid. *Proceedings of Humanoids 2000*. Cambridge, Sep 7-10.
- Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R., Gati, J., Georgopoulos, A., Tegeler, C., Ugurbil, K., & Kim, S-G. (2000). Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 310-320.
- Rigal, R. (1994). Right-left orientation: Development of correct use of right and left terms. *Perceptual and motor Skills*, 79, 1259 – 1278.
- Rizzolatti G., Camarda R., Fogassi L., Gentilucci M., Luppino G., Matelli M. (1988) Functional organization of inferior area 6 in the Macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements. *Experimental Brain Research*, 71, 491-507.
- Rizzolatti, G. & Buccino, G. (2004). The mirror-neuron system and its role in imitation and language. To appear in S. Dehaene, G.R. Duhamel, M. Hauser, and G. Rizzolatti (Eds.) *From Monkey Brain to Human Brain*. Cambridge, Mass: MIT.
- Rizzolatti, G. & Fadiga, L. (1998). Grasping objects and grasping action meanings: the dual role of monkey rostroventral premotor cortex (area F5). *Novartis Foundation Symposium*, 218, 81-103.
- Rizzolatti, G. & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions. *Experimental Brain Research*, 153(2), 146-157.
- Rizzolatti, G., Fadiga L., Gallese V. & Fogassi L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3, 131-141.

- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (1997). Parietal cortex: From sight to action. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 562–567.
- Rizzolatti, G., Luppino, G. & Matelli, M. (1998). The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 106, 283–296.
- Rizzolatti, G., Riggio, L. & Sheliga, B.M. (1994). Space and selective attention. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV* (pp. 231–265). Cambridge, MA: MIT Press.
- Roberts, J., & Bell, M. (2000). Sex differences on a computerized mental rotation task disappear with computer familiarization. *Journal of Perceptual and Motor Skills*, 91, 1027–1034.
- Roberts, J., & Bell, M. (2003). Two- and Three-dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 50, 235–246.
- Rodrigues, D. (1989). *Corpo, Espaço e Movimento. A representação espacial do corpo em crianças com paralisia cerebral*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação científica.
- Rodrigues, E., Imbiriba, L., Leite, G., Magalhães, J., Volchan, E., & Vargas, C. (2003). Efeito da estratégia de simulação mental sobre o controlo postural. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 25(2), 33–35.
- Roediger, H. L. (1996). Memory illusions. *Journal of Memory and Language*, 35, 76–100.
- Rohrer, T (2005). In Press. The Body in Space: Embodiment, Experientialism and Cognitive Science. In T. Ziemke, J. Zlatev, R. Frank, & R. Dirven (Eds.), *Body, Language, and Mind*, vol. 2. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Rohrer, T. (2007). The Body in Space: Embodiment, Experientialism and Linguistic Conceptualization. In T. Ziemke, J. Zlatev, R. Frank, & R. Dirven (Eds.), *Body, Language and Mind* (pp. 339–378). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Roland, P. & Friberg, L. (1985) Localization of cortical areas activated by thinking. *Journal of Neurophysiology*, 53, 1219–1243.
- Rollins, M. (1989). *Mental Imagery: On the Limits of Cognitive Science*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Rose, D., & Bressan, P. (2002). Going round in circles: shape effects in the Ebbinghaus

- illusion. *Spatial Vision*, 15, 191–203. doi: 10.1163/15685680252875165
- Rosenbaum D.A., Vaughan J., Barnes H.J., & Jorgensen M.J. (1992). Time course of movement planning: selection of handgrips for object manipulation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 1058–1073. doi:10.1037/0278-7393.18.5.1058
- Rosenbaum, D. A. (1975). Perception and extrapolation of velocity and acceleration. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 1, 395–403.
- Rosenbaum, P., Dan, B., Fabiola, R., Leviton, A., Paneth, N. Jacobson, B., Goldstein, M & Bax, M. (2005). The Definition of Cerebral Palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47, 571–574.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., & Bax, M. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental medicine and child neurology. Supplement*, 109, 8–14. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x.
- Rosenbaum, R. S., Ziegler, M., Winocur, G., Grady, C.L., & Moscovitch, M. (2004). “I have often walked down this street before”: fMRI studies on the hippocampus and other structures during mental navigation of an old environment. *Hippocampus*, 14, 826–835. doi: 10.1002/hipo.10218
- Rossini, P.M., Calautti, C., Pauri, F. & Baron, J.C. (2003). Post-stroke plastic reorganization in the adult brain. *The Lancet Neurology*, 2, 493–502.
- Ruby, P. & Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 4(5), 546–550.
- Ruby, P., Decety, J. (2003). What you believe versus what you think they believe: a neuroimaging study of conceptual perspective taking. *European Journal of Neuroscience*, 17, 2475–2480
- Rumiati, R., Tomasino, B., Vorano, L., Umiltà, C. & De Luca, G. (2001). Selective deficit of imagining finger configurations. *Cortex*, 37, 730–733.
- Ruppel, S. E., Fleming, C. N., & Hubbard, T. L. (2009). Representational momentum is not (totally) impervious to error feedback. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63, 49–58.
- Rushworth, M. P., Walton, M. E., Kennerley, S. W. , & Bannerman, D. M. (2004). Action sets and decisions in the medial frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 410–417.

- Sabaté, M., González, B., & Rodríguez, M. (2004). Brain lateralization of motor imagery: motor planning asymmetry as a cause of movement lateralization. *Neuropsychologia*, *42*, 1041-9. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.015
- Sabbadini, M., Bonanni, R., Carolesimo, G. A., & Caltagirone, C. (2001). Neuropsychological assessment of patients with severe neuromotor and verbal disabilities. *Journal of Intellectual Disabilities Research*, *45*, 169-179.
- Samuel, M., Ceballos-Baumann, A. O., Blin, J., Uema, T., Boecker, H., Passingham, R. E., & Brooks, D. J. (1997). Evidence for lateral premotor and parietal overactivity in Parkinson's disease during sequential and bimanual movements: a PET study. *Brain*, *120*, 963-976.
- Sartre, J-P. (1943). *O Ser e o Nada*. Brasil: Editora Vozes. ISBN 978-85-326-1762-0
- Sauner D., Bestmann S., Siebner H.R. & Rothwell J.C. (2006) No evidence for a substantial involvement of primary motor hand area in handedness judgements: a transcranial magnetic stimulation study. *European Journal of Neuroscience*, *23*(8), 2215-24.
- Save, E. & Poucet, B. (2000). Hippocampal-parietal cortical interactions in spatial cognition. *Hippocampus*, *10*, 491-499.
- Schalock, R. L. et al. (2007). The renaming of mental retardation: Understanding the change to the term intellectual disability. *Intellectual and Developmental Disabilities*, *45*(2), 116-124.
- Schiff, W., & Detwiler, M. L. (1979). Information used in judging impending collision. *Perception*, *8*, 647-656.
- Schiff, W., & Oldak, R. (1990). Accuracy of judging time to arrival: Effects of modality, trajectory, and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *16*(2), 303-316.
- Schluter, N. D., Krams, M., Rushworth, M. F. & Passingham, A. (2001). Cerebral dominance for action in the human brain: the selection of actions. *Neuropsychologia*, *39*, 105-113.
- Schuster, C., Hilfiker, R., Amft, O., Scheidhauer A., Andrews, B., Butler, J., et al. (2011). Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med*, *9*, 75. doi: 10.1186/1741-7015-9-75
- Schwartz, D. L. & Holton, D. (2000). Tool use and the effect of action on the imagination. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Cognition and Memory*, *26*, 1655-1665.

- Schwoebel, J., Boronat, C. & Coslett, H. (2002). The man who executed “imagined” movements: evidence for dissociable components of the body schema. *Brain and Cognition*, *50*, 1-16.
- Schwoebel, J., Coslett, H., Bradt, J., Friedman, R. & Dileo, C. (2002) Pain and the body schema: Effects of pain severity on mental representations of movement. *Neurology*, *59*, 775-777.
- Schwoebel, J., Friedman, R., Duda, N. & Coslett, H. (2001). Pain and the body schema: Evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain*, *124*, 2098-2104.
- SCPE (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *42*(12), 816-824.
- Sekiyama, K. (1982). Kinesthetic aspects of mental representations in the identification of left and right hands. *Percept Psychophys*, *32*(2), 89-95.
- Sekiyama, K., Miyauchi, S., Imaruoka, T., Egusa, H. & Tashiro, T. (2002). Body image as a visuomotor transformation device revealed in adaptation to reversed vision. *Nature*, *407*, 374-377.
- Senior, C., Barnes, J., & David, A. S. (2001). Mental imagery increases representational momentum: Preliminary findings. *Journal of Mental Imagery*, *25*, 177-184.
- Senior, C., Barnes, J., Giampietro, V., Simmons, A., Bullmore, E. T., Brammer, M. & David, A. S., (2000). The functional neuroanatomy of implicit-motion perception or representational momentum. *Current Biology*, *10*, 16 – 22
- Serrati, C., Finocchi, C., Calautti, C., Bruzzone G., Colucci, M., Gandolfo, C., Del Sette, M., Lantieri, P. & Favale, E. (2000). Absence of hemispheric dominance for mental rotation ability: a transcranial doppler study. *Cortex*, *36*, 415-425.
- Servos, P., Osu, R., Santi, A. & Kawato, M. (2002). The neural substrates of biological motion perception: an fMRI study. *Cerebral Cortex*, *12*(7), 772-82.
- Seurink, R., Vingerhoets, F. P. & Achten, E. (2004). Does egocentric mental rotation elicit sex differences? *Neuroimage*, *23*, 1440-1449.
- Shapiro, L. (2011). *Embodied Cognition*. NY: Routledge Press.
- Shenton, J., Schwobel, J. & Coslett, H. (2004). Mental motor imagery and the body schema:

- evidence for proprioceptive dominance. *Neuroscience Letters*, 370(1), 19-24.
- Shepard, R. N. & Cooper, L. A. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, MA:MIT press.
- Shepard, R. N. (1975). Form, formation, and transformation of internal representations. In R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium* (pp. 87-122). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shepard, R. N. (1981). Psychophysical complementarity. In Kubovy, M. & Pomerantz, J. R. (Eds.), *Perceptual organization*, 279-341. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Shepard, R. N. (1984). Ecological constraints on internal representation: Resonant kinematics of perceiving, imaging, thinking, and dreaming. *Psychological Review*, 91, 417-447.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Shiffrar, M. & Pinto J. (2002). The visual analysis of bodily motion. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Common Mechanisms in Perception and Action: Attention and Performance, Vol. XIX*, (pp. 381-399). Oxford: Oxford Univ. Press.
- Shiffrar, M., Freyd, J. J. (1990). Apparent motion of the human body. *Psychological Science*, 1, 257-264.
- Sigurdardottir, S. & Vik, T. (2011) Speech, expressive language, and verbal cognition of preschool children with cerebral palsy in Iceland. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 53(1), 74-80. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03790.x
- Sigurdardottir, S., Eiriksdottir, A. et al. (2008). Cognitive profile in young Icelandic children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 50(5), 357-62. doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.02046.x
- Sirigu, A. & Duhamel, J. (2001). Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 910-919.
- Sirigu, A., Cohen, L., Duhamel, J., Pillon, B., Dubois, B., Agid, Y., & Pierrot-Deseilligny, C. (1995). Congruent unilateral impairments for real and imagined hand movements. *NeuroReport*, 6, 997-1001.
- Sirigu, A., Duhamel, J. R., Cohen, L., Pillon, B., Dubois, B., & Agid, Y. (1996). The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science*, 273, 1564-1568.

- Smith, E. E., & Kosslyn, S. M. (2014). *Cognitive psychology: Mind and brain*. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.
- Soechting, J. F. & Lacquaniti, F. (1981) Invariant characteristics of a pointing movement in man. *Journal of Neuroscience*, *1*, 710–720.
- Soechting, J.F., Juveli, J. Z. & Rao, H. M. (2009) Models for the extrapolation of target motion for manual interception. *Journal of Neurophysiology*, *102*(3):1491–502. doi: 10.1152/jn.00398.2009.
- Sokolov, A. N. & Pavlova, M. A. (2003). Timing accuracy in motion extrapolation: Reverse effects of target size and visible extent of motion at low and high speeds. *Perception*, *32*, 699–706. doi: 10.1068/p3397.
- Sommerville, J., Hildebrand, E., & Crane, C. (2008). Experience matters: The impact of doing versus watching on infants' subsequent perception of tool use events. *Developmental Psychology*, *44*(5), 1249–1256.
- Sparenberg, P., Springer, A., & Prinz, W. (2012). Predicting others' actions: Evidence for a constant time delay in action simulation. *Psychological Research*, *76*(1), 41–49. doi:10.1007/s00426-011-0321-z.
- Spering, M., Schütz, A., Braun, D., & Gegenfurtner, K. (2011). Keep your eyes on the ball: smooth pursuit eye movements enhance prediction of visual motion. *Journal of Neurophysiology*, *105*, 1756–1767. doi:10.1152/jn.00344.2010
- Steenbergen, B., & Gordon, A. M. (2006). Activity limitation in hemiplegic cerebral palsy: evidence for disorders in motor planning. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *48*, 780–3.
- Steenbergen, B., Crajé, C., Nilsen, D. M., & Gordon, A. M. (2009). Motor imagery training in hemiplegic cerebral palsy: a potentially useful therapeutic tool for rehabilitation. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *51*, 690–6. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03371.x
- Steenbergen, B., Meulenbroek, R. G., & Rosenbaum, D. A. (2004). Constraints on grip selection in hemiparetic cerebral palsy: effects of lesional side, end-point accuracy, and context. *Brain research. Cognitive brain research*, *19*, 145–159. doi:10.1016/j.cogbrainres.2003.11.008
- Steenbergen, B., van Nimwegen, M. & Crajé, C. (2007). Solving a mental rotation task in congenital hemiparesis: Motor imagery versus visual imagery. *Neuropsychologia*, *45*,

3324–3328. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.002

Steenbergen, B. (2010). Mental rotation task of hands: differential influence number of rotational axes. *Experimental Brain Research*, *203*, 347–354. doi:10.1007/s00221-010-2235-1

Stephan, K. M., Fink, G.R. et al.(1995). Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *Journal of Neurophysiology*, *373*–386.

Stevens, J. & Stoykov, M. (2003). Using Motor Imagery in the Rehabilitation of Hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *84*(7), 1090–1092. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00042-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00042-X)

Stevens, J.A. (2005) Interference effects demonstrate distinct roles for visual and motor imagery during the mental representation of human action. *Cognition*, *95*,329–350.

Stevens, J., Fonlupt, P., Shiffrar, M., & Decety, J. (2000). New aspects of motion perception: Selective neural encoding of apparent human movements. *NeuroReport*, *11*, 109 - 115.

Stuermer, B., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2000). Correspondence effects with manual gestures and postures: A study of imitation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*, 1746–1759. doi: 10.1037/0096-1523.26.6.1746.

Suchan, B., Yagueez, L., Wunderlich, G., Canavan, A., Herzog, H., Tellmann, L., Hoemberg, V., & Seitz, R. (2002). Neural correlates of visuospatial imagery. *Behavioural brain research*, *131*, 163 – 168.

Sunderland, A. & Sluman, S. M. (2000). Ideomotor apraxia, visuomotor control and the explicit representation of posture. *Neuropsychologia*, *38*(7), 923–34.

Svensson, H. & Ziemke, T. (2004). Making sense of embodiment: Simulation theories and the sharing of neural circuitry between sensorimotor and cognitive processes In *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Tarr, M., & Pinker, S. (1989). Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition. *Cognitive Psychology*, *21*, 233–282.

Task Force on Major and Chronic Diseases of DG SANCO's Health Information Strand (TFMCD) (2008). *Major and chronic diseases report 2007*. European Communities, European Commission. Luxembourg http://ec.europa.eu/health/archive/ph_threats/non_com/docs/mcd_report_en.pdf. ISBN 92-79-08896-4. doi: 10.2772/76333

- Taylor, N. M. & Jakobson, L. S. (2010). Representational momentum in children born preterm and at term. *Brain and Cognition*, 72, 464-471.
- Thayer, Z. C. & Johnson, B. W. (2006). Cerebral processes during visuo-motor imagery of hands. *Psychophysiology*, 43, 401-412. doi:10.1111/j.1469-8986.2006.00404.x.
- Thobois et al., (2000) Thobois S, Dominey PE, Decety J, Pollak P, Gregoire MC, Le Bars D, Broussolle E. Motor imagery in normal subjects and in asymmetrical Parkinson's disease. *Neurology*, 55, 996-1002.
- Thompson-Schill, S. L. (2002). *Neural basis of mental imagery*. In Nadel, L. (Ed.), *Encyclopedia of Cognitive Science* (pp. 520-523). London: Nature Publishing Group.
- Thomson, J. A. (1983). Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 427-443.
- Thornton, I. (2002). The onset repulsion effect. *Spatial Vision*, 15(2), 219-243. doi: 10.1163/15685680252875183
- Thornton, I. M., & Hubbard, T. L. (2002). *Representational momentum: New findings, new directions*. New York: Psychology Press/Taylor & Francis.
- Tjaabes, P. (2010). O mundo mágico de Escher. *Centro Cultural Banco do Brasil*. Disponível em <http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/img/EscherCatalogo.pdf>.
- Todd, J. T. (1981). Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 795-810.
- Tomasino, B., Borroni, P., Isaja, A., & Rumiati, R. I. (2005). The role of primary motor cortex in mental rotation: A TMS study. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 348-363.
- Tomasino, B., Rumiati, R., & Umiltà, C. (2003). Selective deficit of motor imagery as tapped by a left-right decision of visually presented hands. *Brain & Cognition*, 53, 376-380.
- Tomasino, B., Vorano, L., Skrap, M., Gigli, G., & Rumiati, R. (2004). Effects of strategies on mental rotation performed by unilateral brain damaged patients. *Cortex*, 40, 197-199.
- Toussaint, L., Tahej, P. K., Thibaut, J. P., Possamai, C. A., & Badets, A. (2013). On the link between action planning and motor imagery: a developmental study. *Experimental*

Brain Research, 231(3), 331-339.

- Tresilian, J. R. (1995). Perceptual and cognitive processes in time-to-contact estimation: Analysis of prediction motion and relative judgment tasks. *Perception and Psychophysics*, 57, 231-245.
- Tresilian, J. R. (2004). Interceptive action: What's time-to-contact got to do with it? In H. Hecht and G.J.P. Savelsbergh (Eds.), *Advances in Psychology 135: Time-to-Contact* (pp. 109-140) Amsterdam: Elsevier.
- Tucker, E & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 830-846.
- Ungerleider, L.G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In Ingle, D.J., Goodale, M., Mansfield, R. J. (Eds.), *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549-586). MIT Press, Cambridge, MA.
- Urgesi, C., Candidi, M., Fabbro, F., Romani, M., Aglioti, S. M. (2006). Motor facilitation during action observation: topographic mapping of the target muscle and influence of the onlooker's posture. *European Journal of Neuroscience*, 23, 2522-2530.
- Van Mier, H., Tempel, L.W., Perlmutter, J.S., Raichle, M.E. & Petersen, S. E. (1998). Changes in brain activity during motor learning measured with PET: effects of hand of performance and practice. *Journal of Neurophysiology*, 80, 2177-2199
- Van Praag, H., Kempermann G, & Gage, F.H. (2000). Neural consequences of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience*, 1, 191-198.
- Vanrie, J., Dekeyser, M., & Verfaillie, K. (2004). Bistability and biasing effects in the perception of an ambiguous point-light walker. *Perception*, 33, 547-560.
- Verfaillie, K, & d'Ydewalle, G. (1991). Representational momentum and event course anticipation in the perception of implied periodical motions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 302-313.
- Vettise, D. (2012). Visual Elements of Schizotypy Experiences: An Investigation of Representational Momentum and Eye-Tracking Risk Markers. (Thesis, Master of Science). University of Otago. <http://hdl.handle.net/10523/2233>
- Vieilledent, S., Kosslyn, S., Berthoz, A., & Giraud, M. (2003). Does mental simulation of

- following a path improve navigation performance without vision? *Cognitive Brain Research*, *16*, 238-249.
- Vingerhoets G. (2008). Knowing about tools: neural correlates of tool familiarity and experience. *Neuroimage*, *40*, 1380-1391. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.12.058
- Vingerhoets, G., de Lange, F., Vandemaele, P., Deblaere, K., & Achten, E. (2002). Motor imagery in mental rotation. *NeuroImage*, *17*, 1623-1633.
- Vishton, P. M., Cutting, J. E., & Rea, J. G. (1997). Titchener circles and horizontal-vertical illusions do not affect manual prehension or judgements of absolute size: Müller-Lyer illusion affects both [Abstract]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *36*, S643.
- Viviani, P. (2002). Motor competence in the perception of dynamic events: A tutorial. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Common mechanisms in perception and action: Attention and Performance* (Vol. XIX, pp. 406-442). Oxford: Oxford University Press
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, *117*, 250-270.
- Wallon, H. (1970). *Do acto ao pensamento*. Lisboa: Moraes Editores.
- Warrington, E.K., & McCarthy, R.A. (1987). Categories of knowledge: Further fractionations and an attempted integration. *Brain*, *110*, 1273-1296.
- Weiss, Dohle, Binkofski, Schnitzler, Freund, & Hefter, (2001). Motor impairment in patients with parietal lesions: Disturbances of meaningless arm movement sequences. *Neuropsychologia*, *39*, 397-405.
- Welch, R., Post, R. Lum, W. & Prinzmetal, W. (2004). The relationship between perceived length and egocentric location in Müller-Lyer figures with one versus two chevrons. *Perception & Psychophysics*, *66*(7), 1095-1104.
- Wells, H. G. (1895). A máquina do tempo. Mem Martins: *Publicações Europa-América*. ISBN: 972-1-03434
- Welsh, T. & Elliott, D. (2001). Gender differences in a dichotic listening and movement task: lateralization or strategy? *Neuropsychologia*, *39* (1), 25 - 35.
- Wexler, M. & Klam, F. (2001). Movement prediction and movement production. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*(1), 48-64.

- Wexler, M., Kosslyn, S., & Berthoz, A. (1998). Motor processes in mental rotation. *Cognition*, 68, 77–94.
- White, D.A., Craft, S., Hale, S., & Park, T.S. (1994). Working memory and articulation rate in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Neuropsychology*, 8, 180–186.
- White, P.A. (2012). The experience of force: The role of haptic experience of forces in visual perception of object motion and interactions, mental simulation, and motion-related judgments. *Psychological Bulletin*, 138, 589–615.
- White, P.A. (2009). Causal powers and preventers: An explanatory account of cue interaction effects in human causal judgement. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(8), 1226–1274. doi: 10.1080/09541440802539531
- Whitney, D., Cavanagh, P. & Murakami, I. (2000) Temporal facilitation for moving stimuli is independent of changes in direction, *Vision Research*, 40, 3829–3839.
- Willems, R. M., Toni, I., Hagoort, P., & Casasanto, D. (2009). Body-specific motor imagery of hand actions: Neural evidence from right- and left-handers. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 39. doi:10.3389/neuro.09.039.2009
- Williams, J., Anderson, V., Reid, S. M., & Reddihough, D. S. (2012). Motor imagery of the unaffected hand in children with spastic hemiplegia. *Developmental neuropsychology*, 37(1), 84–97.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625–636.
- Winterer, G. & Goldman, D. (2003). Genetics of human prefrontal function. *Brain Research Review*, 43(1), 134 –163. doi: 10.1016/S0165-0173(03)00205-4
- Wohlschläger, A., & Wohlschläger, A. (1998). Mental and manual rotation. *Journal of Experimental Psychology J: Human Perception and Performance*, 24, 397–412. doi:10.1037/0096-1523.24.2.397
- Wolbers, T., Weiller, C., & Büchel, C. (2003). Contralateral coding of imagined body parts in the superior parietal lobe. *Cerebral Cortex*, 13, 392–399.
- Wolpaw, J. R. & Tennissen, A.M. (2001). Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 807–43.

- Wolpert, D. M. & Ghahramani, Z. (2000). Computational principles of movement neuroscience. *Nature Neuroscience*, 3, 1212-1217.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269(5232), 1880-82. doi:10.1126/science.7569931
- Wood, J. N., & Grafman, J. (2003). Human prefrontal cortex: Processing and representational perspectives. *Nature Reviews: Neuroscience*, 4, 139-147.
- World Health Organization-WHO (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva: WHO; 2001.
- Wraga, M., Thompson, W., Alpert, N., & Kosslyn, S. (2003). Implicit transfer of motor strategies in mental rotation. *Brain and Cognition*, 52, 135-143.
- Yakimoff, N., Bocheva, N., & Mitrani, L. (1987). A linear model for the response time in motion prediction. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 47(1), 55-62.
- Zabalia, M. (2000). The role of action in the representation of moving shapes in children with cerebral palsy. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain & Cognition*, 2, 71-78.
- Zabalia, M. (2002). Action and mental imagery in children. *Année Psychologique*, 102(3), 409-422.
- Zabalia, M. (2004). Espaces psychiques et cognition de l'espace chez des enfants atteintes d'infirmite motrice d'origine cerebrale. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 52, 160-165.
- Zago, M., Bosco, G., Maffei, V., Iosa, M., Ivanenko, Y. P., & Lacquaniti, F. (2004) Fast adaptation of the internal model of gravity for manual interceptions: evidence for event-dependent learning. *Journal of Neurophysiology*. doi: 10.1152/jn.00833.2004
- Zazzo, R. (1981). *Manual para o exame psicológico da criança*. São Paulo: Mestre Jou.
- Zimmermann-Schlatter, A. Schuster, C., Puhon, M., Siekierka, E., & Steurer, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 5, 8. doi:10.1186/1743-0003-5-8

