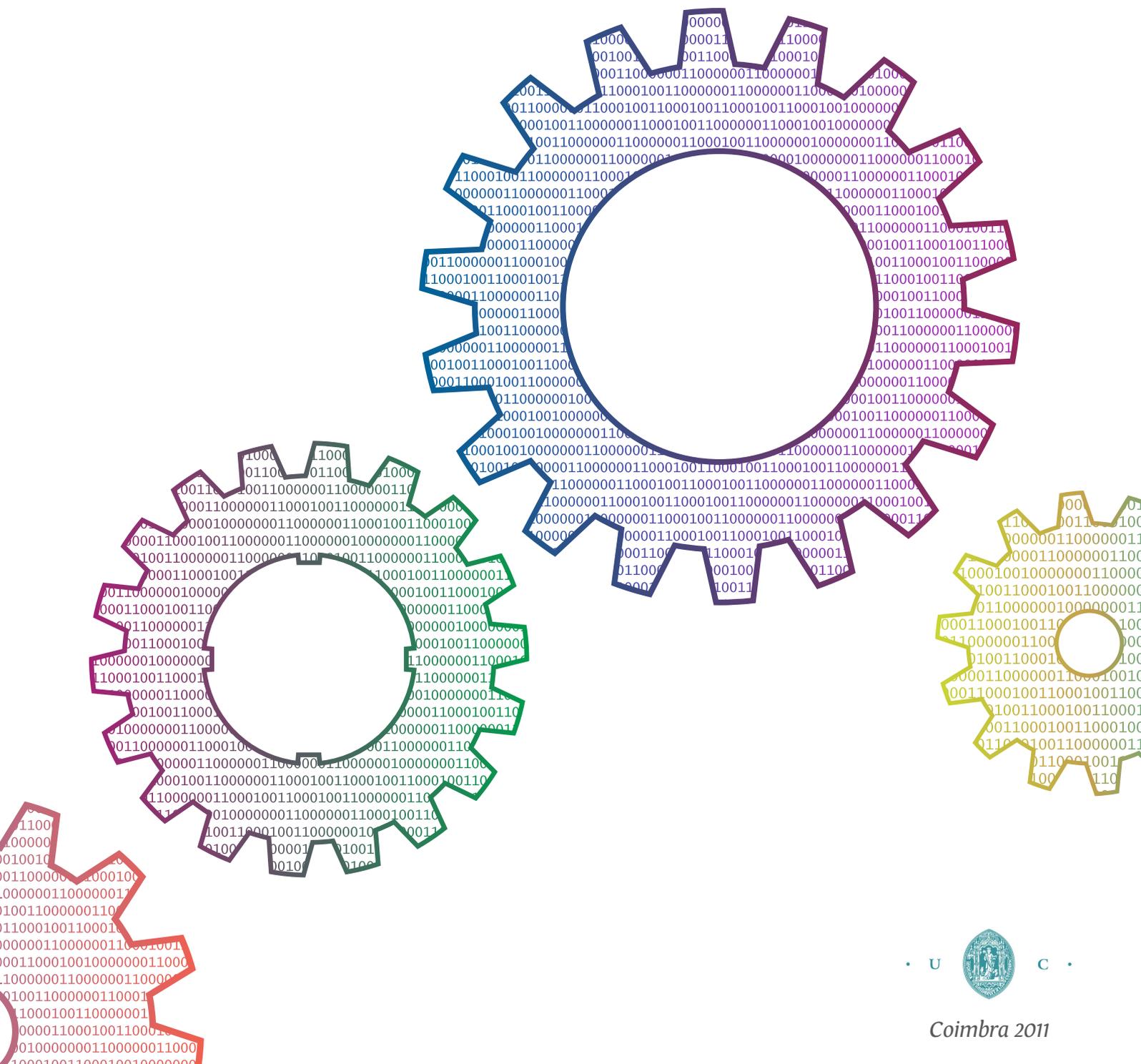


Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação
Universidade de Coimbra

A MENTE ANALÓGICA E A PERCEÇÃO DIGITAL

Nuno De Sá Teixeira



Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação

Universidade de Coimbra

A Mente Analógica e a Percepção Digital

Nuno De Sá Teixeira

Dissertação de Doutoramento em Psicologia Experimental, apresentada à
Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de
Coimbra e realizada sob orientação do Professor Doutor Armando Mónica
de Oliveira e do Professor Doutor Michel-Ange Amorim

Coimbra – 2011

A Mente Analógica e a Percepção Digital

Referência:

De Sá Teixeira, N. A. (2011). *A mente analógica e a percepção digital*. Tese de doutoramento não-publicada, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Endereço electrónico do autor:

nuno_desateixeira@fpce.uc.pt

Concepção e Ilustração da capa:

Ricardo Gonçalves, *ricardo.ferreira.goncalves@gmail.com*

Impressão:

In press, graphic art – Rua Isidoro Batista, Lt. 2, nº 4, 3030-163 Coimbra

Apoios:

Trabalho financiado por uma bolsa de doutoramento atribuída pela
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR Portugal
(SFRH/BD/36067/2007)



Agradecimentos

Devo parte considerável dos meus agradecimentos ao Professor Doutor Armando Mónica Oliveira. Anos antes de iniciar o Doutoramento havia-se tornado já, por excelência, o meu mentor. É-me possível afirmar que assim se manterá por muitos mais após o término desta etapa. Faço pois, aqui, minhas as palavras de Mary Shelley, que se aplicam sem reservas: *“I found a true friend. His gentleness was never tinged by dogmatism; and his instructions were given with an air of frankness and good nature that banished every idea of pedantry. In a thousand ways he smoothed for me the path of knowledge, and made the most abstruse inquiries clear and facile to my apprehension”*. Expresso também a minha gratidão ao Professor Doutor Michel-Ange Amorim – o seu apoio, sugestões e comentários, tanto no tempo que permaneci no seu laboratório como nos contactos posteriores, enriqueceram em grande medida o trabalho que aqui apresento. Será escusado dizer que quaisquer imprecisões ou erros da presente dissertação devem-se exclusivamente a mim próprio.

Agradeço ao meu pai, Silvério Teixeira, que sempre soube incentivar a minha curiosidade e fascínio pelo mundo sem alguma vez me privar dos meios para os satisfazer. À minha mãe, Leonor Anunciação Nunes De Sá, devo a inspiração e coragem para perseguir os meus sonhos e ambições, sem deixar que os mesmos me dominem. Não obstante todos os desafios e dificuldades que somente posso imaginar, ambos foram excepcionalmente bem sucedidos na arte parental. Agradeço ainda à minha irmã, Isa Sofia De Sá Teixeira, e a toda a minha família.

É-me difícil imaginar a concretização do Doutoramento sem os meus amigos mais próximos que, directa e indirectamente, estiveram envolvidos em todas as fases deste empreendimento. Agradeço pois a Sónia Pimenta, Vânia Costa e Marta Torres toda a amizade e apoio que sempre souberam demonstrar (Wowiwado por existirem! :D). Ao Ricardo Gonçalves, que gentilmente concebeu e ilustrou a capa da presente dissertação, quero agradecer pela já mais de uma década de incondicional e, por vezes, paciente amizade. Devo também os meus agradecimentos à Marta Roriz, Isabel C. dos Santos, Tiago Carvalho, Marina Galvanese, Daniela Maduro, Joana Almeida e João Rui. Todos vós, de diferentes formas, merecem a minha gratidão.

Quero agradecer a todas as pessoas que, de forma mais permanente ou somente de passagem, estiveram presentes no laboratório durante estes anos tornando-o um dos locais mais aprazíveis e inspiradores onde poderia desenvolver as minhas pesquisas. Quero agradecer especialmente ao Ricardo Viegas que sempre soube transportar eximamente uma amizade de longos anos para um contexto profissional.

No que se refere a agradecimentos pessoais, os presentes não estariam completos sem um obrigado ao Sicó e ao Fiódor: sem o saberem, e somente exercendo a sua natureza, revelaram-se uma fonte inesgotável de inspiração para pensar muitos dos temas abordados nesta tese.

As pesquisas que constam na presente dissertação foram financiadas pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/36067/2007) e pelo Instituto de Psicologia Cognitiva, aos quais devo os meus agradecimentos.

Finalmente, agradeço à pessoa que perdeu €20 na Praça da República – a impressão dos primeiros manuscritos desta dissertação para efeitos de revisão foi bem mais célere do que, caso contrário, teria sido possível.

Resumo

A presente dissertação procura explorar o fenómeno conhecido como Momento Representacional (MR) na perspectiva da sua dupla inscrição nos circuitos de percepção-para-a-acção e de percepção-para-o-reconhecimento.

O MR refere-se ao efeito no qual a posição final de um objecto móvel que desaparece subitamente é recordada por um observador como desfasada para diante no sentido do movimento. Considerado originalmente como um análogo representacional do momento físico, um conjunto não negligenciável de dados tem vindo acumular-se em favor da sua interpretação como manifestação de uma física implícita mais geral, inscrita no funcionamento do sistema perceptivo-cognitivo. O MR assinalaria neste sentido a existência de representações análogas a variáveis físicas que guiariam o processamento de informação visual dinâmica. A favor desta interpretação têm sido relatados análogos representacionais da gravidade, da fricção, do ímpeto centrípeto, entre outros. Tomados globalmente, estes resultados têm incidência no debate entre códigos representacionais analógicos e proposicionais. A discussão tem por objecto o formato de codificação da informação no sistema cognitivo e opõe os proponentes de um código único, abstracto e amodal, aos defensores da existência de um código adicional, de tipo analógico, isomórfico quer a propriedades do sistema perceptivo *per si* (analogias internas) quer a invariantes físicos ecológicos (analogias externas). Neste contexto, o MR parece suportar a existência de representações dinâmicas nas quais algumas das propriedades físicas de objectos externos e, em particular, o próprio tempo enquanto variável física, se encontram analogicamente codificados.

Ao longo da última década, tem-se verificado uma insistência crescente na eventual relação do MR com a regulação da acção e a motricidade. Tendo-se verificado que o efeito do constrangimento dos movimentos oculares sobre a magnitude do MR depende da natureza da resposta utilizada – motora ou perceptiva –, a hipótese de um envolvimento do circuito neuronal de percepção para a acção na emergência do fenómeno tem vindo a ser progressivamente considerada. Por um lado, o grau de controlo sobre o alvo por parte do observador parece determinar não apenas a magnitude como o sentido dos erros de localização; por outro, a modalidade de resposta utilizada parece modular decisivamente a ocorrência ou não de determinados efeitos (e.g., a gravidade representacional). Em particular, no caso da utilização de respostas motoras directas (e.g., apontar), o efeito predominante parece consistir numa insensibilidade do MR a variáveis de natureza dinâmica (i.e., envolvendo a noção não directamente perceptível de ‘força’) mas não a variáveis de natureza abertamente cinemática (i.e., dadas na percepção do movimento: velocidade, distância, aceleração).

Este padrão de dados é compatível com um entendimento dual do fenómeno enquanto envolvendo tendencialmente circuitos de percepção-para-a-acção no processamento de variáveis cinemáticas e circuitos de percepção-para-o-reconhecimento no processamento de variáveis dinâmicas. Esta hipótese é investigada empiricamente na presente tese através de um conjunto de experiências que manipulam sistematicamente a modalidade de resposta, a par da manipulação sistemática de variáveis independentes cinemáticas e dinâmicas. No conjunto, os resultados obtidos dão suporte à hipótese apresentada. Sugere-se assim uma interpretação do MR como um fenómeno de charneira entre a percepção, a cognição e a acção.

Abstract

The present dissertation attempts to couch Representational Momentum (RepMo) within a dual-process framework, contingent on a differential role of the visual pathways for action and for recognition

RepMo refers to the phenomenon whereby the final position of a moving target which suddenly disappears is remembered as displaced forward in the direction of motion. Originally taken as an analogue of the physical momentum, evidence has gathered in the meantime favouring an interpretation of RepMo as the manifestation of a general implicit physics inherent in the perceptual-cognitive system. From this vantage point, RepMo reflects the operation of analogue representations, isomorphic to physical invariants, which control the processing of dynamic information. In support of this view, analogues of gravity, friction and centripetal impetus, among others, have been reported. Taken together, these results have a bearing on the analogical versus propositional debate. This debate concerns the coding format used by the cognitive system. It opposes the advocates of a sole, abstract and amodal code to those arguing for the existence of an additional code, of an analogical kind, isomorphic either to properties of the perceptual system itself (internal analogy) or to ecologically relevant physical invariants (external analogy). Within this context, RepMo appears compatible with the existence of dynamic representations, assumed to analogically encode, besides specific properties of external objects, time itself as a physical variable.

Over the last decade, suggestions for a potential involvement of RepMo in action regulation and motricity have been increasingly put forth. Drawing on the finding that the effect upon the magnitude of RepMo of constraining eye movements is contingent on the nature of the response modality – motor or perceptive –, the hypothesis of a particular involvement of the perception-for-action circuitry in RepMo has gained renewed consideration. On the one hand, the degree to which the observer controls the target’s motion appears to modulate not just the magnitude as even the direction of localization errors; on the other hand, the chosen response modality seems to decisively determine the occurrence or absence of some effects (e.g., representational gravity). In particular, when a direct motor localization response is required (e.g., pointing), RepMo appears to be insensitive to dynamic-laden variables (i.e., those involving the notion of “force”, not directly observable) but not to overtly kinematic variables (i.e., those directly offered in movement perception: velocity, distance, acceleration).

This pattern of outcomes concurs with a dual view of RepMo as differentially involving a perception-for-action system in the processing of kinematic variables, and a perception-for-recognition system in the processing of dynamic-laden variables. This hypothesis was empirically investigated in the present thesis through a series of experiments where both response modality and the dynamic versus kinematic character of independent variables were systematically varied. Overall, outcomes spoke in favour of the hypothesis. RepMo is accordingly suggested to correspond to a phenomenon lying at the very joint between perception, cognition and action.

ÍNDICE

0. INTRODUÇÃO	5
ESTADO DA ARTE	9
1. A MENTE ANALÓGICA	11
<i>1.1. Representações cognitivas: o proposicional e o analógico</i>	<i>13</i>
<i>1.2. Acerca das imagens mentais.....</i>	<i>17</i>
<i>1.3. Representações analógicas estruturais - a primazia do espaço... 25</i>	
<i>1.4. Representações analógicas funcionais - a primazia do tempo..... 35</i>	
<i>1.5. O Momento Representacional enquanto representação analógica</i>	<i>43</i>
2. A PERCEPÇÃO DIGITAL	57
<i>2.1. O carácter extensivo da percepção visual: a visão activa</i>	<i>67</i>
<i>2.2. Aspectos neurofisiológicos do ciclo percepção-acção</i>	<i>75</i>
<i>2.3. Percepção directa, movimento e o problema dos atrasos neuronais</i>	<i>83</i>
<i>2.4. Modalidades motoras de resposta e o Momento Representacional</i>	<i>93</i>

CONTRIBUTOS EMPÍRICOS99

3. A CINEMÁTICA, A DINÂMICA E O MOMENTO REPRESENTACIONAL.....101

O problema da medida, da indeterminação psicofísica e a teoria da
integração da informação.....106

Breve nota acerca da nomenclatura adoptada.....111

4. DETERMINANTES CINEMÁTICOS DO MOMENTO REPRESENTACIONAL ..113

4.1. Efeitos da velocidade no Momento Representacional.....113

*4.2. A variável distância no Momento Representacional: dissociação
dos efeitos da distância percorrida e do local de desaparecimento do alvo
.....131*

Experiência 4.2.I – Caracterização do perfil de redução do Momento
Representacional ao longo da extensão do ecrã134

Experiência 4.2.II. – Efeitos da contracção do espaço do evento e da
resposta137

Experiência 4.2.III. – Desambiguação dos efeitos da distância
percorrida e do local de término do movimento.....141

*4.3. Estudo do curso temporal do Momento Representacional com
modalidades de resposta motoras153*

5. DETERMINANTES DINÂMICOS DO MOMENTO REPRESENTACIONAL.....161

*5.1. Estudo dos efeitos da massa I: especificação cinemática da
dinâmica em contextos colisionais161*

<i>5.2. Estudo dos efeitos da massa II: a metáfora do momento revisitada</i>	171
Experiência 5.2.I. Estudo da integração da massa e velocidade....	173
Experiência 5.2.II. Teste da hipótese de incerteza de localização espacial	176
<i>5.3. A modulação motora da cinemática e da dinâmica: conexões fenomenológicas</i>	179
Experiência 5.3.I. Modulação da integração de variáveis cinemáticas e dinâmicas pelo grau de envolvimento motor da resposta	180
Experiência 5.3.II. Manipulações adicionais da massa e medidas fenomenológicas	186
6. CONCLUSÃO: O CARÁCTER DIGITAL E ANALÓGICO DO MOMENTO REPRESENTACIONAL	201
Compromisso teórico em torno de um fenómeno simples, ou reconhecimento da natureza híbrida de um fenómeno complexo?	204
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209

0. INTRODUÇÃO

No dia em que houver consenso em Ciência esta deixará de existir. Efectivamente, qualquer disciplina científica depende da existência de problemas e debates para evoluir, num processo ao qual as descrições epistemológicas correntes, seja em termos de refutação e aproximação progressiva à realidade (e.g., Popper, 1934), seja em termos de revoluções paradigmáticas (e.g., Kuhn, 1962), dificilmente faz justiça. E se este é indubitavelmente o ponto forte da abordagem científica, é simultaneamente um obstáculo maior à apreensão da sua lógica numa altura em que a reificação de soluções e a procura de respostas absolutas moldam a sociedade moderna. Considere-se, por exemplo, o formato – assente na comunicação de certezas simples e indisputadas – tipicamente adoptado pelos media numa qualquer reportagem sobre um tópico científico ou, reciprocamente, as dificuldades encontradas por qualquer tentativa de expor sem desvirtuação a complexidade de um problema científico ao público em geral.

É, contudo, no espírito de um desenvolvimento problemático que se desenrolará a presente dissertação, elaborando sucessivamente as teses e concepções sobre o Momento Representacional (MR) em articulação com os problemas, questões e resultados empíricos que têm alimentado os esforços de investigação. Tal é, desde logo, sugerido no próprio título

escolhido¹, que reflecte um problema fundamental na caracterização moderna da percepção visual. Referimo-nos ao debate que opôs a teoria computacional/cognitiva de Marr (1982) à concepção ecológica e directa de Gibson (Gibson, 1986; Gordon, 1989; Michaels & Carello, 1981). Cabe notar que os problemas a tratar na nossa discussão não decorrem directamente desse debate teórico e tão pouco se esgotam nele. No entanto, a sua caracterização permaneceria incompleta na ausência de pelo menos uma referência a essa problemática de base. Com efeito, a ideia de Representações Dinâmicas, em geral, e o fenómeno do Momento Representacional, em particular, em torno dos quais orbita o grosso da presente dissertação, transportam consigo a marca desta oposição clássica. Por um lado, a sua interpretação cognitiva (Ranney, 1989; Finke & Freyd, 1989; Reed & Vinson, 1996) e o modo como esta interpretação os posiciona face às investigações sobre a imaginaria (Finke, 1990) culminaram numa posição tornada explícita, por exemplo, nas propostas recentes de Hubbard (2005; 2006b) de um modelo computacional (no sentido de Marr) para o

¹ Importará, neste momento, introduzir um esclarecimento que será crítico para a apreensão da globalidade da presente dissertação. A expressão “analógico”, no título, faz referência a um conjunto de resultados empíricos e hipóteses teóricas acerca da existência no sistema cognitivo de um código de representação que retém invariantes físicos de forma análoga, isto é, preservando uma relação de semelhança com o que representa. Neste sentido, opõe-se à hegemonia de um código exclusivamente proposicional. Toda a primeira parte do Estado da Arte orbitará em torno desta distinção e da problemática que a mesma introduz na Psicologia Cognitiva, em geral e no Momento Representacional, em particular. O termo “Digital” é por sua vez tomado a M. Pradines (1948), se bem que num sentido mais alargado. De facto, se nesse autor a expressão “Percepção Digital” sublinha o carácter pontual (i.e., encontrando na exploração do ponto a génese da construção perceptiva do espaço, tese num certo sentido equivalente à noção de “Visão Activa”) da percepção visual, na presente dissertação esse sentido é expandido para incluir, por um lado, o papel da exploração visual na coordenação motora com o mundo (percepção para a acção) e, por outro, a ideia de que essa mesma exploração motora constrange e/ou estrutura a própria apreensão visual (englobando os conceitos de *embodiment*, “simulação e emulação motora” e “externalização das dinâmicas corporais”). Qualquer relação sugerida pelo “Digital” com a Percepção Háptica propriamente dita é assim puramente alusiva e não essencial. Em todo o caso, esta segunda secção do Estado da arte introduz um campo de problemas novo que desempenha um papel fundamental na economia das discussões apresentadas na secção Contributos empíricos e ainda na Conclusão.

Introdução

Momento Representacional. Por outro lado, a ideia da percepção enquanto função de um sujeito animado, móvel e em interacção activa com o meio, ilustrada na concepção de Gibson, toma corpo em abordagens como a Teoria da Actividade Perceptiva (Thomas, 1999), acentua a fundamentalidade do binómio percepção-acção (Noë, 2004; Gallagher, 2005) e encontra, nas investigações de Kerzel (2000; 2002; 2003; 2005) e nas concepções pioneiras de Freyd (1987; 1992; 1993) sobre o Momento Representacional, as vias de entrada naturais para a caracterização deste fenómeno.

Ainda que, como Norman (2002) procurou mostrar, seja hoje possível reinterpretar, e de algum modo reconciliar, as concepções de *affordance* (Teoria Ecológica de Gibson) e de representação (Teoria Construtivista de Marr) através da distinção entre vias corticais de percepção-para-a-acção (dorsal) e para o reconhecimento (ventral), respectivamente, esse debate inaugural moldou perduravelmente a natureza dos problemas e discussões suscitados em torno do Momento Representacional, conforme procuraremos demonstrar.

Assim, a primeira secção da dissertação – A mente analógica – procurará apresentar a ideia de representação analógica, a sua oposição com as lógicas proposicionais e a sua raiz nas investigações sobre imagens mentais. Ainda que necessariamente breve, esta exposição permitir-nos-á apresentar o Momento Representacional como uma representação analógica que incorpora noções intuitivas acerca de invariantes físicos. No final da secção deverá então ser clara a concepção cognitiva do Momento Representacional e a sua natureza analógica. Na segunda secção – A percepção digital – desenvolveremos a ideia da percepção como acção constrangida por variáveis extensivas, da sua articulação estreita com a acção motora e, no geral, a concepção de percepção-para-a-acção. Seguir-se-á, naturalmente,

um conjunto de contributos empíricos que dão corpo à parte experimental da dissertação. O Momento Representacional emergirá aí, tal como na Conclusão, como um fenómeno de charneira, posicionado por excelência na intersecção entre cognição, percepção e acção.

ESTADO DA ARTE

1. A MENTE ANALÓGICA

Obviously, I can here offer no more than this helpful analogy (...). If all consciousness is subject to essential laws in a manner similar to that in which spatial reality is subject to mathematical laws, then these essential laws will be of most fertile significance in investigating facts of the conscious life of human and brute animals.
(Edmund Husserl)

εἶδω (*eido*) seria, em grego antigo, o verbo que descreveria o acto de ver, estando simultaneamente na raiz etimológica de termos como εἶδος (forma, aspecto exterior) bem como ἰδέα (ideia, concepção abstracta de pensamento, forma ideal concebida em pensamento) (Bailly, 2000). Num sentido literal, ver, imaginar ou pensar seriam, de alguma forma similares, o que de resto está em estreita congruência com a própria experiência fenomenológica/introspectiva, aparente em expressões como “ver com os olhos da mente”. Este carácter inerentemente pictórico da cognição terá sido, na Antiguidade, aceite sem resistência, estando implicitamente compreendido na famosa mnemónica dos lugares (Cícero, Da Oratória)². Do mesmo modo, no âmbito das inquirições filosóficas do século XIX, a relação entre os dados apreendidos pelos sentidos (e.g., visão) e os conteúdos cognitivos não foi ignorada nas discussões acerca da fenomenologia (cf., e.g., Boring, 1950).

² Nesta, de forma a memorizar uma qualquer lista de itens, faz-se associar a cada um dos itens um local de referência incluído num trajecto bem conhecido (e.g., de casa para o local de trabalho). Para recuperar os itens da lista bastará percorrer imaginariamente esse trajecto “parando” nos locais de referência e recordar o item que aí foi associado.

De certa forma, a Psicologia Experimental confrontou-se desde o seu advento com esta questão, manifesta nalguns dos mais acérrimos debates da disciplina. Considere-se, por exemplo, a famosa discussão do “pensamento sem imagem”, cuja existência, amplamente defendida pela escola de Würzburg, encontrou em Wundt, Titchener e colaboradores uma severa crítica, tanto em termos teóricos como experimentais/metodológicos (Kroger, 2003)³. Seria preciso esperar pelo paradigma *behaviorista* para que a questão fosse abandonada – não sendo o conteúdo mental acessível à observação, o seu estudo representaria uma tendência não científica. Hoje em dia, não é invulgar recordar esse período com recurso a termos como iconofobia (Thomas, 1989). Há, porém, que fazer justiça ao comportamentalismo, já que a sua oposição firme ajudou inexoravelmente a moldar as metodologias que hoje em dia são usadas no estudo científico das representações e imagens mentais⁴.

A questão dos formatos proposicional *versus* analógico – associada ao estudo das características representacionais do pensamento e da cognição – constitui o eco mais óbvio desta questão na actual Psicologia Cognitiva. Ainda que Finke (1985; 1990) tenha anunciado o desvanecimento do debate, que teve o seu auge nas décadas de 70 e 80, é hoje óbvio que tal anúncio foi prematuro, como o demonstram as recentes disputas travadas no âmbito da Neuropsicologia (Pylyshyn, 2002, 2003; Kosslyn et al., 2006).

³ Ironicamente, estes mesmos autores foram alvo de severas críticas, em tudo similares, por parte do movimento *behaviorista*. De resto, o termo “introspeccionismo” ficou indelevelmente associado a qualquer corrente que tenha antecedido o comportamentalismo, rasurando o grosso dos avanços metodológicos (veja-se o caso dos instrumentos de precisão que equipavam os primeiros laboratórios) e científicos; em boa parte, poderíamos afirmar que a história da Psicologia foi escrita por *behavioristas*.

⁴ A expressão típica aplica-se aqui sem reservas: para se ser um bom cognitivista é necessário ser um bom *behaviorista*.

1.1. Representações cognitivas: o proposicional e o analógico

'Now, if you'll only attend, Kitty, and not talk so much, I'll tell you all my ideas about Looking-glass House. First, there's the room you can see through the glass--that's just the same as our drawing room, only the things go the other way. I can see all of it when I get upon a chair – all but the bit behind the fireplace. Oh! I do so wish I could see THAT bit! I want so much to know whether they've a fire in the winter: you never CAN tell, you know, unless our fire smokes, and then smoke comes up in that room too--but that may be only pretence, just to make it look as if they had a fire. Well then, the books are something like our books, only the words go the wrong way; I know that, because I've held up one of our books to the glass, and then they hold up one in the other room.

(Lewis Carrol, Through the Looking Glass)

Em traços gerais, a questão “analógico *versus* proposicional” centra-se no modo de representação da informação no sistema cognitivo. Por um lado, temos os modelos computacionais que postulam uma codificação à base de proposições, similar à lógica de programação. Os trabalhos de Z. Pylyshyn (1973; 1981; 1991; 2002; 2003; Fodor & Pylyshyn, 1988) constituem talvez a ilustração mais sistemática desta concepção. De acordo com Pylyshyn, o sistema cognitivo assentaria numa linguagem característica, o *mentalese* (ou mentalês), constituída por funções, com argumentos e referentes, que operaria sobre conteúdos, também eles codificados, resultando numa série de processos cognitivos de processamento da informação⁵. Por outro lado, a existência de um formato de representação analógico, assente num código essencialmente pictórico, foi desde cedo avançada, em estreita articulação

⁵ Este ponto de vista constitui o culminar da “metáfora do computador”, que orientou heurísticamente o advento da Psicologia Cognitiva.

com o estudo experimental das imagens mentais, por autores como Paivio, no quadro da sua teoria da codificação dual (e.g., Paivio, 1986; 2007), Shepard (1975; 1978; 1984; Shepard & Chipman, 1970; Shepard & Cooper, 1982), Finke (1990) ou Kosslyn (cf. 2006 para uma revisão). Este formato nunca foi proposto como exclusivo, não existindo por parte dos seus proponentes uma rejeição do código proposicional (em primeiro lugar, porque a linguagem, enquanto processo cognitivo, possui manifestamente propriedades proposicionais). A questão em torno da qual se travou o debate não consiste assim numa alternativa exclusiva, mas em saber se o formato proposicional esgota todas as formas de representação cognitiva.

Por “pictórico” deve entender-se aqui a preservação de informação espacial, de cariz extensivo e com propriedades análogas às da entidade representada e não, como seria natural numa proto-teoria, uma real e literal existência de imagens ou figuras na mente⁶.

Um exemplo particularmente ilustrativo é fornecido em Kosslyn et al. (2006). Considere-se uma representação de um conjunto de pontos num sistema de referência, digamos, cartesiano. Uma simples listagem das coordenadas (e.g., [4; 2], [6; 4]; [8; 6]) permite codificar essa informação proposicionalmente. Certas propriedades do referente podem ser mais ou menos explícitas desta forma⁷, mas o importante é notar que esta engloba a totalidade da informação. Por outro lado, uma representação gráfica seria

⁶ Desde logo uma hipótese condenada a debater-se com o problema do homúnculo: “quem” iria ver as imagens na mente? E como seriam vistas? Através de meta-imagens na mente do homúnculo? E assim sucessivamente *ad infinitum*, culminando numa regressão ao infinito (ver adiante).

⁷ Por exemplo, a adopção de um sistema de referência polar forneceria outras informações de forma mais explícita.

possível (e.g., desenhando o conjunto de pontos num sistema de eixos ortogonais) sem qualquer perda de informação – a diferença refere-se às características que estariam mais acessíveis ou melhor explicitadas, a saber a disposição topológica dos pontos (tornando evidente, por exemplo, a colinearidade dos mesmos).

Importa, porém, notar que a polémica esteve longe de se fazer em moldes similares num e noutro campo, pois, não obstante estas ideias de fundo, na prática o confronto tem-se feito entre uma tradição claramente experimental e empírica (representação analógica) e uma escola de pensamento eminentemente teórica (representação proposicional) que procede fundamentalmente por crítica aos resultados empíricos obtidos pela primeira, regra geral de forma *post hoc* e pouco produtiva em termos de hipóteses experimentais susceptíveis de incrementar os conhecimentos empíricos disponíveis. Este ponto é particularmente relevante, desde logo devido à própria natureza dos códigos proposicionais. Recorde-se que a elaboração destes, fora do âmbito da Psicologia Cognitiva, terá sido motivada pela necessidade de codificar qualquer informação numa linguagem altamente flexível e de forma eficaz. Nestas condições, não se estranhará que tais códigos possam, *a posteriori*, fornecer explicações para virtualmente quaisquer resultados (cf. e.g., Anderson, 1978). A questão, porém, tal como Kosslyn et al. (2006) a colocam, prende-se com a própria evolução cerebral – o sistema cognitivo dificilmente pode ser concebido como uma arquitectura de von Neumann, incorporando uma máquina de Turing universal de processamento sequencial, capaz de correr qualquer programa que seja carregado na memória⁸, mas antes como um órgão que surge em resposta a certas pressões evolucionárias, apto para processar

⁸ Isto é, um computador propriamente dito.

certos tipos de informação de forma específica mais do que generalista, entre os quais, de forma não despreciada, se conta a informação espacial. A imposição, à partida, de um único código representacional por motivos puramente teóricos (e, acrescentando-se, estéticos⁹) pouco contribui para a compreensão de um sistema que não possui qualquer razão para respeitar tais imposições – não existe, efectivamente, nenhuma razão forte para a existência de um único formato de representação da informação.

Uma revisão exaustiva dos moldes e evolução desta discussão excede claramente os objectivos do presente trabalho, além de que revisões bem melhores do que qualquer uma que pudéssemos oferecer se encontram já disponíveis (cf., e.g., Denis, 1989; Finke, 1990; Kosslyn et al., 2006). Adicionalmente, os aspectos centrais do debate analógico-proposicional têm invariavelmente espelhado questões da Psicologia em geral (como sejam o problema do homúnculo e a crítica à introspecção [cf. Intons-Peterson, 1983; Goldstone et al., 1985; Jolicoeur & Kosslyn, 1985]) e, como tal, já abundantemente debatidas.

⁹ O critério de que um único código de representação seria uma solução mais “elegante” não é estranho à proposta proposicional (cf. Kosslyn, Thompson & Ganis, 2006).

1.2. Acerca das imagens mentais

Será um punhal que vejo em minha frente com o cabo a oferecer-se-me? Peguemo-lo. Não te apanhei ainda; no entanto, vejo-te sempre. Não serás sensível, visão funesta, ao tacto como à vista? Ou de um punhal não passas, simplesmente, do pensamento, uma criação fictícia, procedente do cérebro escaldante? Percebo-te, no entanto, e tão palpável como este que ora empunho. Mostras-me a estrada que seguir eu devo e o instrumento que a usar serei forçado. Se meus olhos juguete não se mostram de meus outros sentidos, sobrepõem todos eles. Ainda te percebo, manchado o cabo e a lâmina de gotas de sangue que antes não estava neles. Não existe tal coisa; é o sanguinário projecto que a meus olhos toma forma.

(Shakespeare, Macbeth II, i, 33)

Como dissemos anteriormente, é no estudo sobre *imagens mentais* que mais directamente se pode apreciar a polémica proposicional/analógico. 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 de um objecto ou evento efectivamente percebidos, seja em conjugação com ou na ausência de estimulação sensorial directa” (Finke, 1989, p. 2). Ainda que boa parte da literatura – e diga-se de antemão, a quase totalidade do presente trabalho – se tenha debruçado sobre o caso da experiência visual, assume-se que o termo imagem mental não se limite a esta, abrangendo qualquer modalidade sensorial (cf. e.g., imagem olfactiva, Bensafi et al., 2003; imagem auditiva, Reisberg, 1992). Sendo uma experiência subjectiva na sua natureza – i.e., é vivida por um “sujeito” sensível –, tem colocado à Psicologia científica em geral e à Psicologia Experimental em particular algumas das mais desafiantes questões e, conseqüentemente, originado algumas das mais engenhosas soluções de estudo objectivo, as quais, longe de se circunscreverem a um fenómeno

particular, se têm mostrado transversais a alguns dos mais importantes tópicos do funcionamento humano – percepção, atenção, memória, resolução de problemas, criatividade, só para referir alguns (cf. e.g., Finke, 1989).

Em contraste flagrante com o exposto, a experiência de imagens mentais revela-se por outro lado, simultaneamente, uma das mais comuns e rotineiras experiências da existência humana, desde o funcionamento diário à literatura (considere-se, e.g., a citação que abre o presente capítulo). Uma demonstração relativamente conhecida (Shepard, 1966) parte da seguinte questão: quantas janelas possui uma dada habitação? Ou, adaptando um exemplo de Finke (1989), de que lado se encontra a secção verde da bandeira de Portugal? Se se rodar a letra M 180° resulta uma nova letra? E se for a letra G? E a letra N, rodada 90° no sentido dos ponteiros do relógio? A maioria das pessoas tende a admitir que de forma a atingir uma resposta a estas e outras perguntas similares gera, de alguma forma, uma imagem mental que é de seguida escrutinada ou manipulada (no caso dos exemplos das letras) “visualmente”. Obviamente, no âmbito científico, tais exemplos, ainda que ilustrativos, dificilmente podem tomar-se como demonstrações, pois respostas similares podem ser alcançadas de formas distintas, sem que a pessoa disso tenha consciência (Pylyshyn, 1973; 1981). Um critério adicional (Finke, 1989) consiste em mostrar que fornecer uma resposta correcta a esta e a questões similares depende da maior ou menor facilidade em responder com base numa imagem (e.g., mental) por oposição ao conhecimento explícito e/ou proposicional. Assim, Finke (1990) aponta 5 princípios gerais, extraídos de um largo conjunto de investigações experimentais e, por conseguinte, inspirados empiricamente, que suportam a intervenção de imagens mentais numa tarefa e que, em conjunto, constituem assim critérios fundamentais para o estabelecimento da noção de representação analógica: (i) *O Princípio da Codificação Implícita* – a

imagem mental é instrumental na recuperação de informação não explicitamente codificada, previamente, acerca das propriedades físicas dos objectos, ou das relações entre estes; (ii) *O Princípio da Equivalência Perceptiva* – a imagem mental é funcionalmente equivalente à percepção no sentido em que mecanismos similares do sistema visual são activados tanto na imaginaria como na percepção visual directa; (iii) *O Princípio da Equivalência Espacial* – a organização espacial dos elementos nas imagens mentais corresponde à disposição física dos objectos ou conjuntos de objectos que aquelas representam; (iv) *O Princípio da Equivalência Transformacional* – transformações em imagens mentais e transformações físicas exibem características dinâmicas correspondentes entre si sendo governadas por leis de movimento similares; (v) *O Princípio da Equivalência Estrutural* – a estrutura dos objectos nas imagens mentais corresponde à estrutura real dos objectos percebidos, preservando a sua coerência, organização e possibilidades de reorganização e reinterpretação. Com efeito, dados experimentais têm sido acumulados a favor de todos e cada um destes princípios. A abordagem de Finke, não apresentando um modelo formal e focando a empiria mais que a teoria na apreensão da noção de imagem mental, parece-nos particularmente eficaz, útil e próxima da lógica subjacente ao presente trabalho.

Na linha deste tipo de abordagem, duas perspectivas têm sido adoptadas sobre o significado de “analogia/analógico” no âmbito do estudo da imagem mental. Por um lado, “analógico” refere-se à equivalência entre a experiência de uma imagem mental e a própria percepção visual (princípio ii), perspectiva profundamente marcada pela noção de níveis de equivalência de processamento proposta por Finke (1980) e que designaremos aqui como o ponto de vista das *representações analógicas internas*. O efeito de Perky (1910; cf. também Blake & Sekuler, 2005; Beech, 1977; Craver-Lemley & Reeves, 1992; Finke, 1989; Segal &

Fusella, 1970) é talvez a mais antiga manifestação desta linha de estudo. Cheves Perky pedia simplesmente aos participantes que imaginassem num ecrã, o mais vividamente possível, uma imagem de um determinado objecto. Sem que o soubessem, porém, uma imagem ténue, subliminar, desse mesmo objecto era de facto projectada no ecrã. A maioria dos participantes falhou em detectar a imagem física, ainda que alguns manifestassem surpresa pela vividez da imagem mental. Outros exemplos incluem as tentativas de mensuração do ângulo de “visão” mental (Kosslyn, 1978; Weber & Malstrom, 1979; Finke & Kosslyn, 1980; Finke & Kurtzman, 1981a, 1981b) com resultados surpreendentes na quase sobreposição entre o campo “mental” e visual. A hipótese da re-percepção (Moyer, 1973; Kerst & Howard, 1978; Moyer et al., 1978; Algom & Lubel, 1994; Algom, 2004), suportada por dados empíricos e de acordo com a qual juízos psicofísicos feitos de memória equivalem a uma aplicação subsequente da mesma função psicofísica usada na fase perceptiva, também aponta no mesmo sentido. Por fim, a existência de resultados que mostram a validade das leis da *gestalt* no contexto das imagens mentais (e.g., Kosslyn et al., 1983) ou a manifesta existência de ilusões óptico-geométricas similares às perceptivas (e.g., ilusão de Poggendorff por Pressey & Wilson, 1974; ilusões de Ponzo, Wundt e Hering por Wallace, 1984) ou mesmo de *aftereffects* (e.g., *aftereffects* visuo-motores, Finke, 1979; efeito *MacCullough*, Finke & Schmidt, 1977; Finke, 1981), convergem para a existência de equivalências estreitas entre percepção e imaginaria, de resto suportada pela evidência favorável à existência de áreas cerebrais partilhadas por ambas (cf., e.g., Kosslyn, 2006). Efectivamente, as áreas corticais activadas em comum pela percepção e pela imaginaria convergem naquilo a que Kosslyn chama *buffer* visual, constituído na sua quase totalidade por vias *top-down* (Ganis, Thompson, & Kosslyn, 2004; Kosslyn, Thompson, & Albert, 1997), o que explicaria a dificuldade de obter em imaginaria efeitos que se sabe dependerem de vias *bottom-up* (e.g., mistura de cores; Kosslyn, 1981).

Uma outra perspectiva, mais próxima dos objectivos do presente trabalho, entende por “analógico” a equivalência entre aspectos funcionais de mecanismos cognitivos e certas invariâncias e/ou constrangimentos físicos do próprio ambiente – perspectiva que designaremos como *representações analógicas externas*. Neste último quadro, a teorização tem-se apoiado primordialmente nas noções de isomorfismo de segunda ordem, devida a Shepard (1975; 1984; Shepard & Chipman, 1970), e de Representação Dinâmica, avançada por Freyd (1987). A articulação entre as representações analógicas internas e externas, do ponto de vista teórico, depende da prioridade atribuída a umas ou outras na explicação dos efeitos observados. Por um lado, é possível admitir que as analogias externas decorrem das representações analógicas internas, um ponto de vista similar ao adoptado pelas teorias da actividade perceptiva (cf. e.g., Thomas, 1999) – neste caso, as representações analógicas externas (apreensão de estruturas extensivas externas) dependeriam da presença de actividade perceptiva e respectivas representações analógicas internas¹⁰. Por outro lado, pode admitir-se que as representações analógicas externas são anteriores às internas (tornando-se uma representação interna *default*) no sentido em que, por razões evolutivas, se encontram incorporadas (pré-estabelecidas) na arquitectura do sistema cognitivo (Shepard, 1984; Paivio, 2007). Discutir qual dos casos se verifica está para além dos objectivos do presente trabalho que, doravante, se focará nas representações analógicas externas.

¹⁰ Este ponto é epistemologicamente próximo do adoptado por G. T. Fechner (1860; cf. Heidelberger, 2004) para a distinção entre *psicofísica interna* e *psicofísica externa*. Esta última traduziria a(s) relação(ões) matemática(s) entre a intensidade de um estímulo físico e a correspondente magnitude *subjectiva*; a primeira descreveria uma relação similar entre a magnitude codificada nos mecanismos fisiológicos e a *sensação subjectiva*. Logo, de igual forma, a *psicofísica externa* depende criticamente da *psicofísica interna*.

Podemos distinguir nas representações analógicas externas entre analogias estruturais – em que a representação extensiva do espaço, com características topológicas análogas às do espaço físico, é o foco de interesse – e funcionais – em que a representação incorpora uma linha temporal ao longo da qual se manifesta uma analogia com constrangimentos ou invariantes físicos. Uma outra forma de reflectir esta distinção, agora num plano próximo dos paradigmas operacionais, consiste em distinguir a natureza da representação mental que é induzida pelas variáveis independentes, por um lado, e a natureza das variáveis dependentes (leia-se, as manifestações comportamentais observáveis), por outro, em função do binómio espaço-tempo. O paradigma da inspecção de imagens mentais (e.g., Kosslyn et al., 1978) ilustraria assim a manifestação de uma representação mental espacial numa variável dependente temporal; o paradigma de rotação mental (Shepard & Cooper, 1982) a manifestação de uma representação temporal numa variável dependente igualmente temporal; os estudos acerca do Momento Representacional (Freyd & Finke, 1984) a tradução de uma representação temporal numa variável dependente espacial. De forma a completar o quadro (ver Figura 1), deveríamos assumir a possibilidade de fenómenos derivados da manifestação de representações espaciais em variáveis dependentes espaciais – sendo esse um caso amplamente manifestado pelas artes plásticas em geral (considere-se, e.g., o caso da pintura, escultura ou mesmo da arquitectura em que uma concepção pictórica é projectada num meio de expressão espacial). Na investigação em Psicologia é esse igualmente o caso da utilização do desenho como forma de averiguar, especialmente em pacientes com lesões neuronais (e.g., agnosias, *neglect* espacial), aspectos das imagens mentais (e.g., Farah, 1984).

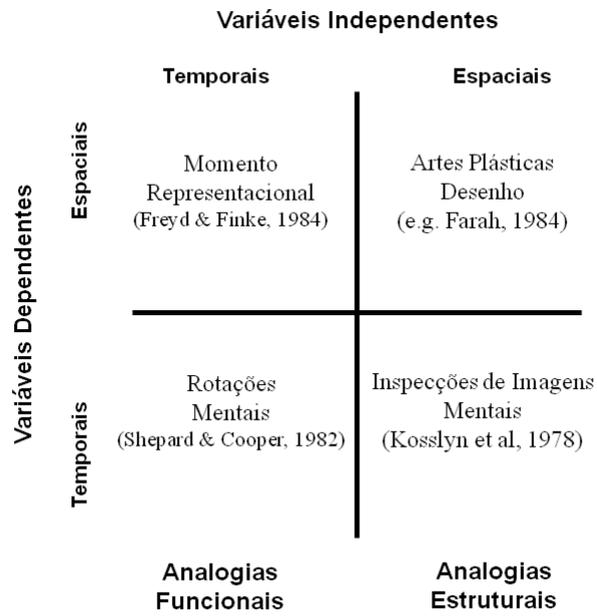


Figura 1 - Classificação das Representações Analógicas externas, de acordo com a distinção variável independente/dependente e a distinção temporal/espacial.

1.3. Representações analógicas estruturais - a primazia do espaço

Quando chegara, achara Londres enorme, velha, fundamentalmente incompreensível, sendo o mapa do Metro, essa elegante e colorida demonstração topográfica das linhas e estações do Metropolitano, o único indício de ordem. Apercebera-se gradualmente de que o mapa do Metro era uma ficção prática que tornava a vida mais fácil, embora não exibisse qualquer semelhança com a realidade da forma da cidade que existia por cima.

(Neil Gaiman, Neverwhere – Na Terra do Nada)

No âmbito da Psicologia Cognitiva, o estudo da representação do espaço tem ocupado um importante papel sendo que, de resto, a discussão proposicional vs analógico se verificou aqui de forma particularmente acesa (cf., e.g., Finke, 1989; Kosslyn, 1990; Denis & Kosslyn, 1999). Ainda que a fenomenologia da apreensão do espaço, de cariz pictórico, não seja desmentida por nenhuma das posições, a questão centra-se no código representacional que subjaz a essa experiência. Do ponto de vista dos proponentes das teorias analógicas, a representação mental do espaço incorpora constrangimentos e propriedades similares ao espaço físico, i.e., a própria métrica, intervalar e extensiva do espaço, encontra-se codificada na representação. Já os partidários das teorias proposicionais (Pylyshyn, 1973; 1981) argumentam que a fenomenologia espacial traduz tão-somente um epifenómeno de uma “linguagem” mental comum (subjacente à linguagem, listas de itens, árvores de decisão, processamento computacional, etc.).

Uma exemplificação da diferença entre os dois códigos pode ser apreciada por qualquer passageiro numa vulgar linha de metro, onde a informação

acerca das paragens pode ser consultada numa lista (código proposicional), numa configuração esquemática das intersecções e extensões das linhas (*quasi*-analógico) ou, finalmente, delineadas num mapa, com preservação das características topológicas (formato que aqui designamos como “analógico”).

Em 1973, Kosslyn publica aquele que é tido como o primeiro estudo ilustrando a preservação das relações métricas do espaço nas representações mentais. A lógica é relativamente simples e directa. Se a própria métrica do espaço físico se encontra cognitivamente representada, então a inspecção de imagens mentais com diferentes extensões espaciais deverão reflectir-se em tempos de reacção distintos. Os estímulos consistiam em representações gráficas de objectos (com orientação vertical ou horizontal) com três características perceptivamente salientes (e.g., um barco com um motor na popa, uma cabine no centro e uma âncora na proa, espaçados regularmente). Os participantes deveriam imaginar o mais vividamente possível os estímulos sendo que, de seguida, eram instruídos a focalizar a atenção num dos três pontos de referência da imagem mental e a inspecciona-la de forma a detectar a presença ou ausência de uma característica indicada pelo investigador (esta podia ou não estar presente; em todo o caso, os participantes eram instruídos a inspeccionar a imagem antes de responder afirmativa ou negativamente). Os resultados, em consonância com o que poderia esperar-se de uma representação analógica, demonstraram que os tempos de resposta variavam com a distância entre o ponto de foco e a posição da característica alvo.

A rigor, contudo, e conforme rapidamente os críticos apontaram, tais resultados não testam especificamente a presença de uma métrica analógica por oposição a uma representação proposicional (cf. Kosslyn, 1990). Sendo que, nos estímulos utilizados, as características distintivas se encontravam

alinhadas, a inspecção mental deveria, necessariamente, passar por todas as características intermédias. Mas também numa lógica proposicional se poderia, de igual forma, esperar um tempo acrescido de resposta – inspecionar a imagem do barco implicaria, neste caso, passar por uma série de nódulos numa representação abstracta da informação. De resto, resultados empíricos obtidos por Lea (1975) sustentam este ponto.

Kosslyn et al. (1978) propuseram posteriormente um novo paradigma – o agora clássico “estudo de mapas” – que viria a ultrapassar esta primeira crítica da posição proposicional. Os participantes deveriam aprender e memorizar um mapa no qual se destacavam alguns pontos de referência. Dado que o mapa se encontrava a duas dimensões, uma busca serial exaustiva da totalidade dos pontos de referência seria desnecessária para inspecionar a imagem de um a outro desses pontos. Aos participantes era pedido que, após a memorização do mapa, “viajassem” mentalmente, imaginando para tal um ponto negro a mover-se em linha recta, de um determinado local de referência a um outro (e.g., imaginar um ponto a mover-se, o mais rapidamente possível, de um determinado local a um outro), indicando com o pressionar de uma tecla o momento em que o alvo era atingido. Nestas condições, uma vez mais, os tempos de resposta mostraram-se proporcionais às distâncias físicas. Resultados similares foram obtidos quando a distribuição espacial dos itens era descrita verbalmente (cf., e.g., Denis et al., 1998), sendo que a manipulação da saliência ou importância dos pontos de referência não produziu variações nos resultados (Denis & Cocude, 1997). Adicionalmente, de forma a introduzir já certos aspectos que serão retomados posteriormente, se aos participantes fosse pedido que se imaginassem a percorrer os trajectos do mapa com, e.g., uma mala de 25 kg, os tempos sofriam um incremento (Decety et al., 1989; cf. também Decety, 1991). Este ponto assinala um papel do “esforço

subjectivo” nas avaliações do tempo para percorrer um dado percurso, não obstante o facto de as duas dimensões serem distintas (tempo e esforço).

A generalização deste paradigma ao caso de espaços a três dimensões produziu resultados similares. Por exemplo, Pinker e Kosslyn (1978) mostraram a um grupo de participantes uma configuração tridimensional de alguns objectos (estes encontravam-se suspensos numa caixa com o topo e frente transparentes). Após a aprendizagem da posição tridimensional da totalidade dos objectos, os participantes efectuavam a mesma tarefa de inspecção que no estudo anterior (imaginar um ponto a mover-se de uma posição a outra). Os tempos de resposta eram proporcionais à distância tridimensional, mas não à separação da projecção bidimensional à qual os participantes tinham acesso na fase de aprendizagem. Adicionalmente, nalguns ensaios os participantes eram instruídos a “deslocar” mentalmente alguns dos objectos uma determinada distância. Nesta situação, mantinha-se a relação entre os tempos de resposta e a nova distância tridimensional. Pinker (1980), para além de replicar estes resultados, mostrou adicionalmente que, se a tarefa consistir em apontar mentalmente uma espingarda (imaginária) aos objectos da configuração tridimensional, os tempos de resposta são proporcionais à projecção bidimensional. Adicionalmente, se antes da tarefa se pedir aos participantes que rodem mentalmente toda a configuração 90°, os tempos de resposta variam linearmente com a projecção bidimensional da nova posição de visão (ainda que, note-se, tal perspectiva nunca tenha sido apresentada). Ainda acerca da representação mental de espaços tridimensionais, Roth e Kosslyn (1988) apresentaram dados que sugerem que a inspecção mental procede naturalmente a partir do espaço egocêntrico. Nesta tarefa (experiência 2), os participantes aprendiam configurações geométricas ambíguas, com zonas sombreadas, que tanto poderiam ser interpretadas como uma pirâmide vista do topo como um poço visto de cima. Na fase de teste, uma configuração

similar mas sem partes sombreadas era apresentada com um X numa das zonas. Os participantes deveriam indicar se o X se encontrava numa área que estaria sombreada ao imaginarem a configuração aprendida. Os resultados mostraram que, independentemente do tamanho das áreas, os tempos de resposta eram proporcionais ao distanciamento em relação ao ponto de vista (determinado pela interpretação do estímulo como um pirâmide ou um poço), i.e., a inspecção mental era invariavelmente efectuada das áreas vistas como mais próximas para as mais distantes.

Numa segunda fase do confronto entre as posições analógica e proposicional, parte considerável da crítica a estes resultados e a evidências similares prendeu-se com a suspeita da presença de influências das próprias expectativas do investigador que, de alguma forma, implicitamente, sugeria aos participantes os resultados esperados, ou da própria tarefa que, ao requerer explicitamente uma inspecção mental dos estímulos, induzia nos participantes expectativas quanto aos resultados pretendidos com o estudo. Em ambos os casos, a crítica era a de que os participantes, conscientemente ou não, produziam resultados congruentes com as expectativas – neste sentido, as correlações obtidas documentavam não a existência de um código representacional análogo ao espaço físico, mas sim a vontade dos participantes em corresponder às expectativas do estudo (cf., e.g., Kosslyn, 1990; Pylyshyn, 1981). Intons-Peterson (1983; ver também, acerca das expectativas dos participantes, Goldston et al., 1985) apresentou resultados que mostraram que certos aspectos da inspecção mental de mapas eram sensíveis às expectativas do investigador (diferentes “investigadores” eram levados a esperar diferenças nos tempos de inspecção), se bem que, como o notam Jolicoueur e Kosslyn (1985), o ponto fundamental – a forma linear da relação entre tempos e distâncias – não tenha sido directamente testado. Assim, estes autores procuraram verificar até que ponto expectativas distintas por parte dos investigadores (entenda-se, neste contexto,

colaboradores experimentais ingênuos contratados para efectuar as experiências num grupo de participantes) poderiam influenciar esses aspectos mais nucleares da interpretação analógica. Uma vez mais, o paradigma do mapa foi usado numa tarefa em tudo similar às descritas. Contudo, aos “investigadores” era dito que se esperavam diferentes resultados. Por exemplo, a um destes era explicado, no início da experiência, que se esperava uma relação em forma de U entre os tempos de resposta e as distâncias no mapa, isto porque, assim lhes foi dito, distâncias pequenas levavam a confusão devido à proximidade dos pontos de referência, ao passo que distâncias maiores, por isso mesmo, levavam mais tempo. Apesar de os “investigadores” serem questionados a meio da experiência e de garantirem sempre que os participantes haviam compreendido devidamente a tarefa, nenhum efeito desta manipulação foi encontrado, mantendo-se a habitual relação linear. Surpreendentemente, nem os resultados de Intons-Peterson foram replicados (i.e., variações na magnitude dos tempos). Na verdade, o único efeito digno de nota deste estudo prende-se com a estupefacção e cepticismo aparente dos “investigadores” quando era revelado o verdadeiro objectivo e resultados obtidos na experiência.

Em todo o caso, a preocupação com as expectativas geradas pela própria tarefa são dignas de nota: pedir a um participante que inspecione visualmente um mapa mental, imaginando um ponto a mover-se entre localizações é suficientemente explícito para impedir a emergência espontânea de outras estratégias. De resto, e como Kosslyn (1976) refere, não é clara a necessidade de um código representacional analógico quando, nestas situações, um processamento proposicional seria potencialmente mais eficiente sendo, aliás, usado espontaneamente na ausência de instruções de inspecção. Acresce ainda que participantes ingênuos aos quais é explicada a tarefa experimental usada na inspecção mental do mapa rapidamente

prevêem os resultados (Mitchell & Richman, 1980), o que suporta a ideia de que os mesmos se podem dever a conhecimentos explícitos usados de forma tácita nas situações experimentais.

Com o intuito de verificar esta possibilidade, Finke e Pinker (1982) propuseram um paradigma mais tarde refinado por Borst et al. (2006) e Borst e Kosslyn (2008). Neste caso, não é pedido aos participantes que imaginem qualquer objecto em movimento entre diferentes localizações nem tão pouco é alguma vez usado qualquer termo relacionado com inspecção ou imagem mental. Os participantes são expostos a uma determinada configuração bidimensional de pontos (entre 4 a 6), com instruções de a recordar. Após um período de espera (e.g., 1 segundo), uma seta é apresentada em isolamento, tendo os participantes que indicar o mais rápida e precisamente possível se a seta aponta ou não na direcção de um dos pontos previamente apresentados. A experiência prossegue com a apresentação de uma nova configuração, e assim sucessivamente. Os resultados obtidos revelam, sistematicamente, uma relação linear entre o tempo de reacção e a distância entre a seta e o ponto para o qual a mesma se direcciona. Adicionalmente, Finke e Pinker (1983) mostraram que, caso a localização na qual virá a ser apresentada a seta seja sinalizada (e.g., com um ponto vermelho) com pelo menos 2 segundos de antecedência relativamente à apresentação da mesma, essa relação entre distância e tempo de reacção não se verifica, alegadamente porque os participantes teriam tido tempo suficiente para memorizar as direcções correctas. Por fim, Pinker et al. (1984) mostraram que os resultados se mantêm quando se variam os tempos de retenção (entre 0 a 12 segundos), excluindo a possibilidade de os participantes recorrerem a imagens residuais na retina. No mesmo sentido, usando uma máscara (e.g., padrões aleatórios) no período de retenção, de forma a eliminar efectivamente imagens retinianas, Borst e Kosslyn (2008) obtiveram resultados em tudo similares.

Também estes resultados, em que o uso de imaginaria é espontâneo, foram alvo de críticas por parte dos representantes da posição proposicional. De acordo com Pylyshyn (2002), um efeito de povoamento perceptivo poderia explicar os resultados destas condições. Assim, por exemplo, o ângulo subentendido pelo conjunto de pontos, a partir da localização da seta, seria naturalmente tanto menor quanto mais afastada a mesma se encontrasse – para distâncias superiores, os pontos seriam percebidos como agrupados tornando assim mais difícil distinguir o ponto para o qual a seta apontaria. Os resultados de Borst e Kosslyn (2008), porém, refutam tal hipótese pois as configurações de pontos foram desenhadas de forma a manter os ângulos constantes e variar somente as distâncias.

Assim, é hoje em dia relativamente consensual que uma representação de cariz analógico, com preservação das propriedades métricas do espaço, subjaz aos resultados apontados. Algumas importantes extensões suportam este mesmo ponto. Por exemplo, Vieilledent et al. (2003) apresentam dados que mostram que percorrer mentalmente um percurso (i.e., com recurso a imaginaria), tem efeitos similares na performance aos do treino real, pelo menos para configurações de caminhos regulares (e.g., um hexágono). Por outro lado, Ghaem et al. (1997) publicaram dados, com recurso a tomografia por emissão de positrões, que mostram o envolvimento de pelo menos duas redes neurais na navegação espacial em imaginaria, uma relacionada com a memória de longo prazo (regiões do hipocampo, córtex pré-frontal dorsolateral e giro cingulado), outra envolvida nos aspectos dinâmicos da própria imaginaria, com activação de regiões do hipocampo e zonas corticais visuoespaciais e sensoriomotoras. Mellet et al. (2000), por sua vez, e recorrendo a um paradigma similar, apresentam dados que sugerem uma activação de zonas corticais parietofrontais quer quando os participantes “exploram” mentalmente espaços previamente visitados quer quando os

A Mente Analógica

visualizam em mapas, propondo esta zona como provável sede cortical das capacidades de imaginaria mental espacial.

1.4. Representações analógicas funcionais - a primazia do tempo

A inteligência humana não compreende a continuidade absoluta do movimento. As leis de um movimento qualquer só são inteligíveis ao homem quando lhe é dado examinar separadamente as unidades que o compõem. A verdade porém é que é desta divisão arbitrária do movimento ininterrupto em unidades isoladas que resulta ao mesmo tempo a maior parte dos erros humanos. Quem há aí que não conheça o sofisma dos antigos segundo o qual Aquiles nunca apanharia a tartaruga ainda que caminhasse dez vezes mais depressa do que ela? Enquanto Aquiles percorre a distância que o separa da tartaruga, esta ter-se-lhe-á adiantado a décima parte desse espaço e quando Aquiles tiver percorrido essa décima parte, a tartaruga ter-se-lhe-á adiantado a centésima e assim por diante até ao infinito. Este problema afigurava-se insolúvel aos antigos, quando o absurdo da conclusão dada resulta apenas do facto de se decompor o movimento arbitrariamente em unidades, quando o certo é que o movimento de Aquiles e o da tartaruga se produzem ininterruptamente.

(Lev Tolstói, Guerra e Paz)

Como dissemos atrás, entende-se por “representação analógica funcional” uma codificação de informação externa que reflecte uma analogia com invariantes físicos exteriores, i.e., regularidades do mundo físico. Particularmente relevante neste quadro é a noção de Isomorfismo de Segundo Grau, proposto por Shepard (1975; 1984; Shepard & Chipman, 1970). Esta noção qualifica o tipo de relação existente entre as representações internas e os respectivos referentes externos, questão de nenhum modo trivial e que de novo se cruza com o debate proposicional *versus* analógico. Se é verdade que quando pensamos num gato podemos elaborar uma imagem mental, com propriedades que se nos afiguram pictóricas e mesmo surpreendentemente vívidas – algo que não é de todo negado pelos defensores da perspectiva proposicional –, o problema reside

em mostrar que tais experiências se devem à existência de um código analógico e não são apenas um epifenómeno de uma representação proposicional. Com efeito, a palavra "gato", dada a sua relação puramente arbitrária com o referente, bem como o seu carácter categorial, dispensa qualquer relação de semelhança entre os dois. É a existência assumida de um código representacional exclusivo, de que a linguagem seria a manifestação mais aparente, que leva a tão vigorosa resistência à ideia de representação analógica (Pylyshyn, 1979; 1981). De modo bem diferente, a questão colocada nos estudos de Shepard (1975; 1984) é a da existência (ou não) de fenómenos comportamentais que documentem a operação de constrangimentos representacionais análogos aos constrangimentos físico/espaciais. Muita da evidência empírica disponível, que consideraremos em breve, aponta para uma resposta afirmativa a esta questão. Podemos assim considerar, em primeiro lugar, a hipótese de um isomorfismo directo, ou de primeiro grau, entre a representação e o representado. De acordo com Shepard (1975), este tipo de isomorfismo corresponderia a uma similaridade estrutural entre um evento neurofisiológico interno e o objecto que o mesmo representa. Por exemplo, perante a visualização de um quadrado, constituído por quatro lados iguais com um ângulo de 90° entre si, a existência de um fenómeno neuronal em que um quadrado, com propriedades idênticas, estaria estruturalmente/fisicamente presente constituiria em si um isomorfismo de primeiro grau. Ou, para fornecer outro exemplo, perante a visualização de, digamos, uma cor vermelha, ser possível observar uma alteração da própria coloração dos tecidos neurais para a mesma tonalidade. Se bem que diferentes exemplos possam conduzir a casos mais ou menos absurdos (e.g., o nosso exemplo da cor), conhecem-se casos em que um isomorfismo de primeiro grau parece, de facto, estar presente. Por exemplo, Tootell et al. (1982) expuseram um símio, ao qual foi previamente injectada uma solução de açúcar radioactivo, a um padrão geométrico. Após uma autópsia ao

córtex visual do animal e devido às propriedades da solução, foi possível verificar traços de actividade neuronal com uma configuração geométrica similar à do estímulo apresentado (mapa visual topológico). De forma a fornecer outro exemplo, o córtex auditivo possui aquilo que designamos por mapa tonotópico (cf., Levitin, 2008), i.e., diferentes grupos celulares respondem a diferentes frequências sonoras, sendo a representação das mesmas efectuada directamente – perante a audição de um tom de, digamos, 440 Hz, existem neurónios que disparam a uma frequência de 440 Hz. Mais importante porém para a questão das representações mentais é o conceito de isomorfismo de segunda ordem (Shepard, 1975). Neste tipo de isomorfismo, a relação não precisa de ser directa e pode incorporar elementos abstractos, sendo que o que é preservado no isomorfismo são invariantes funcionais e não necessariamente estruturais. A similaridade neurofisiológica situa-se aqui não tanto entre a representação e o seu objecto externo como entre diferentes representações que incorporam um conhecimento acerca do mundo (leis ou regularidades percebidas pelos sujeito e, logo, directamente relacionadas com a Física Ingénua; McCloskey, 1983), por um lado, e invariantes ecológicas relevantes (dotadas de valor evolutivo ou adaptativo), por outro. Dos inúmeros resultados que poderíamos aqui relatar, consideraremos somente os dados provenientes do estudo das rotações mentais (para uma revisão cf., e.g., Shepard, 1975; Zacks, 2008). No estudo clássico de Shepard e Metzler (1971), os sujeitos eram expostos a pares de objectos tridimensionais que poderiam ou não possuir uma forma idêntica. A manipulação relevante, contudo, dizia respeito à rotação de um dos elementos do par em relação ao outro; por exemplo, perante um par de objectos iguais, um destes poderia apresentar-se rodado em maior ou menor grau no eixo horizontal. A tarefa dos participantes seria a de indicar, o mais rapidamente possível, se os objectos eram iguais ou diferentes, independentemente da rotação (o alvo do juízo de similaridade era, portanto, a forma e não a posição). Os resultados revelaram uma relação proporcional,

de forma linear, entre os tempos de reacção e a magnitude (em graus) do desfasamento angular nos pares. Isto é, de forma a responderem à tarefa proposta, os sujeitos pareciam criar uma imagem mental de um dos objectos e sujeitá-la a uma rotação até coincidir com a orientação do segundo objecto. O ponto a reter é que, dada a relação linear, a rotação mental parece obedecer a constrangimentos análogos aos das rotações físicas – e.g., para submeter um objecto rígido a uma determinada rotação, aquele deverá ocupar todas as posições possíveis entre o ponto de partida e a orientação final; dito de outra forma, o movimento de rotação é contínuo e, como tal, implica maiores ou menores intervalos temporais consoante o maior ou menor trajecto angular. O mesmo parece suceder com as imagens mentais – os constrangimentos temporais de uma rotação física parecem reflectir-se de forma isomórfica ou analógica na própria representação mental. Cooper e Shepard (1973) obtiveram resultados similares para rotação de caracteres alfanuméricos. Adicionalmente, Cooper e Shepard (1975) demonstraram que o mesmo fenómeno se verifica na rotação mental de mãos, tendo Parsons (1987) mostrado que, neste caso, a representação mental incorpora não só os típicos constrangimentos temporais da rotação como sobretudo a maior ou menor dificuldade biomecânica em efectuar o movimento de rotação manual (e.g., rodar a mão direita no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio só é confortável até a palma da mão coincidir com o plano vertical). Dados posteriores vieram revelar que, por exemplo, a rotação mental pode ser facilitada se os estímulos/objectos admitirem uma relação mais próxima com formas corporais humanas, sugerindo o envolvimento de mecanismos do tipo previsto pelas teses da “cognição corporalizada” (*embodied cognition*) (Amorim, Isableu, & Jarraya, 2006). Por outro lado, resultados obtidos por Podzebenko, Egan e Watson (2002) mostram o envolvimento nestas rotações da área cerebral médio-temporal (MT/V5), a qual responde selectivamente ao movimento na percepção visual directa. No conjunto, estes e outros dados (cf. Zacks, 2008)

representam um desafio não negligenciável para as propostas proposicionais. Nestas, “rodar” uma imagem mental resumir-se-ia à mudança de um único parâmetro proposicional, a saber, o seu ângulo (e.g., 30°), o que teoricamente não deveria depender da magnitude da rotação pois, por definição, as proposições não retêm propriedades analógicas. Dito de outra forma, alterar o valor do parâmetro de 30° para 40° não deveria tomar menos tempo do que alterá-lo de 30° para, digamos, 80°.

Adicionalmente, o facto de os sujeitos serem simplesmente instruídos a responder com o máximo de precisão e rapidez, sem outras qualificações, reduz significativamente o impacto da crítica de que, de alguma forma, a tarefa induziria no sujeito expectativas quanto aos objectivos do experimentador e o recurso a conhecimentos tácitos para a simulação de resultados. Entretanto, dados apresentados por Just e Carpenter (1985) sugerem que nas tarefas de correspondência de formas (*shape matching*) os participantes adoptam espontaneamente uma estratégia de rotação mental, ainda que o eixo de rotação preferido possa variar entre sujeitos (i.e., a estratégia concreta de rotação, embora não a rotação propriamente dita, está sujeita a variações interindividuais). Adicionalmente, Parsons (1995) apresenta dados que demonstram que o grau de dificuldade da rotação e a própria adesão à estratégia de rotação são contingentes ao eixo de rotação, dependendo em particular do carácter mais ou menos canónico desse eixo. Às teorias da transformação espacial podem assim opor-se, neste quadro, as teorias da acumulação da evidência, de que Perrett, Oram e Ashbridge (1998) fornecem um exemplo paradigmático: tendo constatado que o número de células neuronais activadas no córtex temporal pela apresentação de um dado estímulo dependem de quão prototípica é a perspectiva de visualização, e assumindo que o tempo para o reconhecimento depende dessa mesma activação, estes autores mostram como estas duas premissas permitem esperar resultados similares àqueles discutidos até agora – um

aumento do tempo necessário para o reconhecimento de objectos mais rodados (isto é, mais afastados de uma perspectiva prototípica).

Reconhecer o carácter analógico da representação mental depende assim criticamente da demonstração de que uma rotação contínua (ou um processo análogo) se efectua nestas tarefas. Opondo-se a esta ideia, Pylyshyn (1979; 1981) propôs que a rotação mental se efectuaria através de um percurso discreto, por oposição a contínuo, de posições intermédias entre a inicial e a final¹¹. Não sendo claro como um percurso contínuo poderia fazer-se com base num código proposicional, estabelecer a continuidade da rotação é claramente uma questão central na defesa de uma representação analógica. Cooper (1976) apresentou desde cedo dados favoráveis à tese da continuidade. Dada a relação linear entre os tempos de reacção e o ângulo de rotação, é possível determinar (pelo declive da recta) a velocidade individual de rotação. Se, adicionalmente, for pedido ao sujeito que inicie a rotação mental de um dado estímulo e, após algum tempo, lhe for apresentado o estímulo de comparação (para que o sujeito decida se é igual ou diferente do que estaria a ser rodado), é possível sondar em que ponto da rotação se encontra a imagem mental, num tempo arbitrariamente escolhido pelo investigador. Os dados obtidos vieram suportar a hipótese da continuidade do processo de rotação, reforçada entretanto pelos resultados de outros estudos posteriores (e.g., Bethel-Fox & Shepard, 1988).

Uma outra noção que aqui encontra um terreno de manifestação natural é a de Representações Dinâmicas, proposta por Freyd (1987) e associada ao estudo da percepção de eventos de carácter dinâmico (Johansson, 1985; Gibson, 1979; Freyd, 1983a, 1983b; Freyd & Finke, 1984; Runeson &

¹¹ Esta seria, portanto, uma posição de compromisso que poderíamos, com propriedade, designar como *quasi*-analógica.

Frykholm, 1983; Hecht, 1996). A noção de Representação Dinâmica assenta em dois critérios: (i) o *carácter intrínseco* de uma representação analógica da variável tempo neste tipo de representações; (ii) o *carácter necessário* desta incorporação analógica do tempo para a própria funcionalidade da representação (i.e., sem a variável tempo, a representação perderia a sua utilidade). Adicionalmente, o termo dinâmico pressupõe aqui tanto a natureza não estática da representação – que possui um carácter cinemático – como a sua relação com as noções físicas de força e energia do movimento (isto é, com a “dinâmica”). O paralelo com as partes da Física designadas como Cinemática (estudo dos padrões de movimento dos objectos, incluindo a sua velocidade, aceleração e deslocação) e Dinâmica (estudo das causas do movimento, envolvendo as noções de massa, gravidade, momento, etc.) não é, de todo, accidental. Dito de outra forma, a noção de Representação Dinâmica postula que as representações mentais podem incorporar analogias com as leis físicas e com o comportamento dinâmico dos objectos físicos. Num certo sentido, ultrapassa tanto as analogias estruturais como as simplesmente funcionais ao prever a representação explícita de informação dinâmica (assente no desenrolar da linha do tempo). Embora a evidência empírica relativa às Representações Dinâmicas esteja longe de se esgotar no fenómeno conhecido como Momento Representacional, este último constituiu sem dúvida uma das suas primeiras e mais importantes manifestações. Será justamente do Momento Representacional que nos ocuparemos nas secções seguintes.

1.5. O Momento Representacional enquanto representação analógica

When the story has been completely told, you have built up quite an elaborate mental model of a scene, and in this model all the objects obey physical laws. This means that physical law itself must be implicitly present in the triggering patterns of the symbols. Of course, the phrase “physical law” here does not mean “the laws of physics as expounded by a physicist”, but rather the intuitive, chunked laws which all of us have to have in our minds in order to survive. (...) Needless to say, we have in our brains chunked laws not only of how inanimate objects act, but also of how plants, animals, people and societies act – in other words, chunked laws of biology, psychology, sociology, and so on.

(Douglas Hofstadter, Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid)

Um dos fenómenos que melhor ilustra a noção de representação dinâmica é o chamado Momento Representacional (cf., Thornton & Hubbard, 2002). Reportado pela primeira vez por Freyd e Finke (1984), consiste fundamentalmente numa distorção mnésica, envolvendo um erro sistemático para diante na localização da última posição ocupada por um objecto móvel que desaparece subitamente. No paradigma original, os sujeitos eram expostos a uma sequência de três rectângulos, apresentados a intervalos regulares de 250 ms e com orientações sucessivas congruentes com um movimento de rotação. Após a apresentação do último rectângulo da sequência, era mostrado um quarto rectângulo – sonda mnésica – com uma rotação que poderia ser igual, maior ou menor do que a do rectângulo anterior, consistindo a tarefa do sujeito em indicar simplesmente se a orientação da sonda era diferente ou igual à do estímulo final da sequência. Os resultados típicos nesta situação mostram uma probabilidade mais elevada de se aceitar como igual um rectângulo que, na realidade, se

encontra mais rodado na direcção implicada pela sequência. Na interpretação original de Freyd e Finke, a apresentação da sequência induziria os sujeitos a representarem a própria dinâmica do objecto. Assim, tal como descrito na Física Newtoniana, em que um objecto móvel é dotado de uma determinada quantidade de movimento (denominada *momento* e calculada pelo produto da sua massa pela velocidade) e duma tendência para o manter (inércia), também a representação do movimento do objecto possuiria um análogo representacional do momento e da sua tendência a preservar-se (daí a designação “Momento Representacional”). Quanto maior o momento incorporado na representação dinâmica, mais difícil seria parar a representação do movimento, aumentando assim o desfasamento para diante da última orientação recordada da sequência. Em consonância com a analogia proposta, o fenómeno parecia emergir somente quando a sequência indutora apresentava uma coerência dinâmica, consistente com uma interpretação de movimento. Ainda de acordo com o que seria esperado pela analogia, a preservação da identidade do objecto parece ser um requisito para a representação da sua dinâmica – alterações do objecto visualizado (e.g., da sua forma ou textura) introduzidas durante a sequência indutora (Kelly & Freyd, 1987) enfraquecem a magnitude do desfasamento e, nalguns casos, levam ao seu total desaparecimento. De um modo geral, o fenómeno parece verificar-se com qualquer variável extensiva, não se restringindo à modalidade visual. Kelly e Freyd (1987), por exemplo, relataram a ocorrência de Momento Representacional em alterações contínuas da forma dos objectos e em sequências ordenadas de frequências auditivas. McCrink et al. (2007) reportaram recentemente um fenómeno similar em operações aritméticas – a estimativa da soma final de um conjunto de objectos tendia a ser sobrestimada para adições e subestimada para subtracções. Yoshikawa e Sato (2008) mostraram a existência de Momento Representacional em movimentos faciais de emoção. Finalmente, a presença de movimento real parece não ser necessária desde que o

estímulo implique de alguma forma o movimento – caso de fotografias ou desenhos estáticos que impliquem movimento (e.g., o instantâneo de uma pessoa a saltar de um muro), os quais conduzem também a desfasamentos mnésicos em tudo similares ao Momento Representacional (Freyd, 1983; Freyd, Patzer, & Cheng, 1988).

A juntar ao facto de que as instruções numa tarefa de Momento Representacional se limitam a pedir aos sujeitos que dêem uma resposta de localização o mais precisa possível, numerosos resultados ilustram a dificuldade de explicar o Momento Representacional pela utilização de conhecimentos tácitos por parte dos sujeitos com vista à simulação de resultados implicitamente sugeridos pelo experimentador ou pela situação. Vários estudos demonstram, neste sentido, que o efeito não se explica por uma estratégia de antecipação da próxima orientação da sequência (Freyd & Finke, 1984; Finke & Freyd, 1985). Por exemplo, Finke e Shyi (1988) mostraram que quando a tarefa consiste precisamente em extrapolar a orientação seguinte, não se verifica a usual sobrestimação ou desfasamento no sentido do movimento. Do mesmo modo, a magnitude do fenómeno mostra ser independente do conhecimento prévio acerca do Momento Representacional ou do *feedback* dado acerca do desempenho (Finke & Freyd, 1985), ainda que dados recentes sugiram que o *feedback* pode modular a frequência absoluta de respostas "igual" ou "diferente" (i.e., o *feedback* teria uma influência somente sobre a atitude de resposta e não na magnitude do desfasamento; Ruppel, Fleming & Hubbard, 2009). Por outro lado, o fenómeno parece revestir-se de uma natureza central e não puramente sensorial, dado que emerge igualmente com padrões de movimento de pontos com intervalos de retenção até 2 segundos (Finke & Freyd, 1985).

Na sequência da sugestão de que a representação de um objecto móvel incorpora um análogo do momento, faz sentido averiguar até que ponto o Momento Representacional reproduz as características do momento físico, o qual, recorde-se, é igual ao produto da velocidade pela massa do objecto. Freyd e Finke (1985) mostraram que a magnitude do desfasamento mnésico é proporcional à velocidade do objecto, sendo que Finke, Freyd e Shyi (1986) demonstram que essa mesma magnitude depende da velocidade instantânea final implicada pelo padrão de aceleração. Por outro lado, tanto a noção geral de Representação Dinâmica como a analogia com o momento físico levariam a esperar que a introdução de um intervalo de tempo entre o desaparecimento do alvo e a resposta de localização se traduzisse num aumento do Momento Representacional para pequenos intervalos (para a derivação desta previsão a partir dum modelo físico, cf. Freyd & Johnson, 1987). De facto, Freyd e Johnson (1987) obtiveram dados congruentes com esta previsão – a magnitude do desfasamento na memória tende a aumentar com o tempo de retenção até atingir um pico (ou estabilizar) por volta dos 300 milissegundos, intervalo durante o qual a representação estaria ainda sob o efeito dinâmico do Momento Representacional. Adicionalmente, os dados de Freyd e Johnson (1987) mostram a ocorrência de Momento Representacional mensurável com intervalos de apenas 10 milissegundos, atestando assim a rapidez dos mecanismos subjacentes ao fenómeno. Por fim e não menos importante, a existência de dados que demonstram a influência dos chamados efeitos conceptuais no Momento Representacional (Reed & Vinson, 1996) suporta a hipótese de que as representações que acompanham a visualização de um dado objecto congregam na sua própria natureza aspectos dinâmicos. No estudo original, os sujeitos eram expostos a objectos que descreviam um movimento ascendente ou descendente, representando ora um foguetão ora um peso de metal. No caso do foguetão em movimento ascendente, o desfasamento na direcção do movimento foi superior ao verificado para o peso. Também os efeitos da forma mais ou

menos aerodinâmica (e.g., triângulos com um ângulo mais ou menos agudo; cf., Nagai & Yagi, 2001) do objecto no Momento Representacional apontam para a inclusão na representação de uma dinâmica geral, envolvendo uma analogia com invariantes da Física. Se bem que estes últimos dados tenham contribuído para alguma discussão quanto ao papel da penetrabilidade cognitiva no Momento Representacional – a possibilidade de noções cognitivas de alto nível influenciarem o erro de localização promove a suspeita proposicionalista de que o Momento Representacional seja um epifenómeno de conhecimento tácitos –, a noção de representação dinâmica, em si mesma, não é incompatível com o envolvimento de mecanismos *top-down*. Estes são hoje, aliás, amplamente aceites, a par de outros, como determinantes do Momento Representacional.

Regressando à analogia com o momento físico, uma outra variável que deveria modular a magnitude do desfasamento é a massa. Na realidade, esta variável coloca desafios particulares: (i) por um lado, não é de todo claro se os humanos são sensíveis a esta variável tal como descrita na Física (cf., e.g. Shockley, 2009, em que a noção de "peso" parece traduzir, nalguns casos, mais uma inércia de movimento do que a massa propriamente dita), como o sugere, de resto, a história difícil da construção científica do conceito de massa; (ii) por outro lado, o seu carácter dinâmico e não puramente cinemático acarreta dificuldades técnicas na própria manipulação da massa (uma qualidade dinâmica indirecta) dos estímulos. Não obstante, a primeira tentativa de averiguar o efeito desta variável traduziu-se num efeito nulo. Cooper e Munger (1993) reproduziram o estudo inicial de Freyd e Finke (1984) usando desenhos esquemáticos de pirâmides volumétricas vistas de cima. Pela manipulação dos vértices das pirâmides era, assim, possível induzir diferenças de volume (e logo, de massa percebida), as quais, de resto, foram avaliadas por juízos numéricos de observadores independentes. Contudo, não se observou qualquer efeito desta variável na magnitude do

Momento Representacional. Os resultados de Cooper e Munger (1993) foram amplamente aceites, bem como, desse modo, a noção de que a massa não modulava as representações dinâmicas. Esta conclusão constituiu obviamente uma limitação da metáfora do momento, dado o papel essencial da massa do objecto no momento físico.

Desde meados dos anos 90, a pesquisa em torno do Momento Representacional conheceria, porém, um novo fôlego. Por um lado, as críticas de Kerzel (2000; 2002; 2003), que defendia uma origem puramente perceptiva do fenómeno, evoluíram para a proposta mais abrangente de um envolvimento no Momento Representacional de mecanismos característicos da percepção-para-a-acção (Ashida, 2004; Brower et al., 2004; Choi & Scholl, 2006; Kerzel, 2005; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Zago & Lacquaniti, 2005). Por outro lado, a introdução de estímulos com movimento contínuo, a par de modalidades de resposta comportamentais de localização, nos trabalhos de Hubbard (cf., 2005) e os resultados que daí emergiram, permitiram aproximar o estudo do Momento Representacional a outras literaturas relativas a fenómenos de percepção espacial (e.g., *Flash-lag Effect*, Nijhawan, 1994; *Boundary Extension*, Intraub et al., 1996, Munger et al., 1999, Bertamini et al., 2005; *Onset Repulsion Effect*, Actis-Grosso et al., 1996, Thornton, 2002; *Fröhlich Effect*, Fröhlich, 1923)¹² e de

¹² De forma breve, o efeito *flash-lag* obtém-se quando, a dado momento da trajectória de um objecto móvel, é mostrado rapidamente um estímulo estático, alinhado espacialmente com o primeiro; nesta situação, os observadores percebem o objecto estático como estando atrás do objecto móvel. O fenómeno de *boundary extension*, por outro lado, corresponde à expansão na memória do enquadramento de uma imagem (e.g., fotografia de uma cena) apresentada anteriormente, reflectindo alegadamente a noção de que o mundo físico excede sempre qualquer perspectiva. Os efeitos *fröhlich* e de *onset repulsion* referem-se à memória da localização espacial onde teve início o movimento visível de um alvo, sendo o primeiro um desfasamento na direcção do movimento e o segundo um desfasamento na direcção oposta ao movimento; a obtenção de um ou de outro parece depender da velocidade do objecto.

percepção de eventos (Jacobs et al., 2001; Runeson, 1995; Runeson & Frykholm, 1981, 1983; Runeson & Vedeler, 1993; Runeson et al., 2000).

A posição original de Kerzel (2000; 2002; 2003) consistiu numa severa crítica (em larga medida metodológica) às interpretações correntes do Momento Representacional, baseada em grande parte na hipótese de um papel central dos movimentos oculares. De um modo geral, podemos distinguir dois grandes tipos de movimentos oculares: na inspecção de cenas estáticas, os movimentos oculares apresentam-se como uma sucessão de fixações e sacadas (movimentos súbitos do olho), que se sabe serem guiadas por aspectos de alto nível como, por exemplo, os requerimentos da tarefa, de forma a possibilitar a recolha de informação pertinente; por outro lado, perante um estímulo em movimento, é possível observar outra modalidade de movimentos oculares – de perseguição suave, em que o olho acompanha o movimento do objecto de forma a mantê-lo na área de maior resolução da retina (cf., e.g., Findlay & Gilchrist, 2003). Ainda que os movimentos de perseguição sejam igualmente afectados por aspectos de alto nível do processamento de informação (*ibidem*), no caso do Momento Representacional, em que o movimento de um objecto é subitamente interrompido, a tendência do movimento oculomotor a continuar para além do ponto de desaparecimento do alvo (*overshoot* do movimento ocular) poderia ser explicação suficiente para o fenómeno¹³. Podemos distinguir nesta crítica uma versão "forte" e uma versão "fraca". A primeira consiste em admitir que uma imagem residual na retina, devido à estimulação prolongada, permanece no momento em que se verifica um *overshoot* do movimento ocular, conduzindo a que o sujeito tenha, efectivamente, “visto”

¹³ Isto deve-se ao facto de o próprio olho se encontrar sujeito ao seu funcionamento físico. Neste sentido, estaria ele próprio sujeito ao momento, determinado pela própria fisiologia bio-mecânica.

o objecto à frente do ponto de desaparecimento, na direcção do movimento (Kerzel, 2000). Esta versão é facilmente descartável já que, conforme vimos atrás, (i) o desfasamento na memória verifica-se também para imagens estáticas onde este mecanismo dificilmente poderia intervir; (ii) o desfasamento verifica-se mesmo para intervalos de retenção superiores à duração de imagens residuais retinianas; (iii) falha em explicar resultados bem documentados como os efeitos conceptuais reportados por Reed e Vinson (1996) bem como a ocorrência do fenómeno noutras modalidades sensoriais (ver atrás Kelly & Freyd, 1987; McCrink et al., 2007; Yoshikawa & Sato, 2008). Por exemplo, Getzmann (2005) conduziu uma experiência na qual os sujeitos eram colocados no centro de uma circunferência de colunas sonoras, ao longo das quais era audível um som que, desta forma, parecia contornar os sujeitos; estes deveriam, no momento do desaparecimento do som, indicar a sua localização com um ponteiro móvel e sem recurso à visão (a experiência decorria numa sala escura). Nestas condições verificou-se o típico Momento Representacional para localizações espaciais.

A versão "fraca" da crítica foca-se no aspecto informativo dos movimentos oculares, no sentido *bottom-up*, para a apreensão da própria cinemática do objecto (Kerzel & Gegenfurtner, 2003); constitui assim uma versão da crítica do conhecimento tácito que, longe de explicar a evidência acumulada acerca do Momento Representacional, se focaliza no papel das acções motoras na determinação do fenómeno (um tópico de que nos ocuparemos no segundo capítulo deste Estado da arte).

Mais importantes, porém, para a continuidade da presente discussão são os resultados obtidos por Hubbard (e.g., Hubbard & Bharucha, 1988; Hubbard, 1990; 1994; 1995a; 1995b; 1996; 1997; 2005). Conforme referimos, a introdução de alvos com movimento contínuo e o recurso a respostas comportamentais de localização espacial constituem a principal evolução

dos arranjos experimentais ocorridos no domínio na década de 90, possibilitando, por um lado, replicar os principais efeitos previamente encontrados (Hubbard & Bharucha, 1988) e, por outro, expandir a gama de efeitos reportados (cf. e.g., Hubbard, 2005). Neste sentido, Hubbard e Bharucha (1988) apresentaram aos sujeitos um pequeno quadrado negro que se deslocava de modo contínuo em direcções horizontais ou verticais. Após algum tempo, o quadrado desaparecia subitamente, tendo os sujeitos de posicionar um cursor controlado pelo rato no local do desaparecimento. Para além de se replicar o efeito original (Momento Representacional), a flexibilidade bi-dimensional da localização espacial efectuada neste paradigma permitiu a mensuração de uma outra modalidade de desfasamento – numa direcção ortogonal ao próprio movimento (*O-displacement*). Essencialmente, os sujeitos mostraram uma tendência sistemática a localizar o ponto de desaparecimento num local não só desfasado na direcção do movimento como também desfasado para baixo, sugerindo a presença de uma representação cognitiva análoga à gravidade (Gravidade Representacional). Nos casos em que o movimento se efectuava ao longo do eixo vertical, verificou-se um desfasamento superior no sentido descendente e menor no sentido ascendente (Hubbard, 1990; 1995; 1997; 2001; cf. também Bertamini, 1993, para um efeito da Gravidade Representacional em estímulos estáticos).

Outros efeitos foram rapidamente reportados. Por exemplo, Hubbard (1995) expôs sujeitos a um quadrado negro em movimento horizontal. Este poderia deslocar-se em contacto com uma superfície inferior, com duas superfícies, uma inferior e outra superior, e ainda na ausência de qualquer superfície de contacto. Nestas condições, verificou-se um decréscimo da magnitude do desfasamento (Momento Representacional) em função do número de superfícies com as quais o alvo contactava, de forma congruente com uma representação análoga da fricção (Fricção Representacional). Hubbard

(1996) apresentou, no mesmo sentido, dados nos quais um ímpeto centrípeto era notório para alvos que descrevessem uma trajectória circular. Estes últimos dados constituíram, na verdade, uma importante extensão. Sabe-se que um objecto em rotação que seja subitamente lançado (e.g., imagine-se um peso numa corda ao qual é impresso um movimento rotacional sendo que, de seguida, a corda é cortada) segue uma trajectória rectilínea tangente ao círculo descrito pelo movimento. Por contraste, dados recolhidos no âmbito da Física Intuitiva mostram que participantes ingénuos tendem a acreditar que, na mesma situação, a rotação imprime no objecto um ímpeto centrípeto, resultando numa trajectória ligeiramente encurvada (cf. McCloskey, 1983). O facto de o mesmo ímpeto centrípeto ser observado no desfazamento mnésico da localização espacial conduz à ideia de que o Momento Representacional incorpora noções da Física similares às concepções intuitivas e não às descritas na Física normativa (Kozhevnikov & Hegarty, 2001). Um outro exemplo é-nos apresentado por Hubbard, Blessum e Ruppel (2001), apontando para a eventual utilidade do Momento Representacional enquanto medida comportamental da percepção causal. O estudo da percepção da causalidade remonta aos trabalhos inaugurais de Michotte (1954; 1963). Previamente, Hume (1739-1740) teria sugerido que a noção de causalidade (em jogo, por exemplo, quando uma bola de bilhar colide com uma segunda, levando esta a deslocar-se na mesma direcção) se devia somente à experiência prévia, dada a ausência de fundamentos lógicos para se esperar que um dado efeito (movimento da bola de bilhar) suceda a uma dada causa (colisão)¹⁴. Partindo da tradição da *Gestalt*, Michotte

¹⁴ Poderíamos conceber um universo no qual as leis da Física tal como as conhecemos não se aplicariam – caso fôssemos colocados nesse universo hipotético, as noções de causalidade que possamos ter seriam infundadas. Isto porque a “causalidade” não dispõe de uma estrutura lógico-formal abstracta que permita derivar uma conclusão a partir de certas premissas – excepto pela soma das experiências prévias. Similarmente, um recém-nascido, por não ter ainda acumulado tais experiências, não possuiria, nesta hipótese, qualquer noção de causalidade.

procurou averiguar se a causalidade seria, de facto, um produto da aprendizagem por experiência ou uma informação apreendida/percepcionada directamente. Através da manipulação sistemática de aspectos espaciais e temporais em cenários colisionais e com base nos juízos fenomenológicos dos sujeitos, Michotte conclui pela hipótese de uma Percepção directa, modular e "irresistível" da causalidade. Estudos posteriores vieram a mostrar a sensibilidade, e.g., de bebés com 6 meses (Leslie, 1982, 1984) e outros animais (e.g., Pombos, Young et al., 2006; Chimpanzés, O'Connell & Dunbar, 2005) a fenómenos causais.

Retomando o estudo de Hubbard, Blessum e Ruppel (2001), no qual se apresentavam aos participantes cenários de colisões semelhantes aos de Michotte, pedindo-lhes que localizassem o ponto de desaparecimento do objecto "lançado", os sujeitos mostraram uma tendência sistemática para um menor desfasamento mnésico na situação causal em comparação com um objecto em movimento isolado ("não lançado"). Esta redução do Momento Representacional (presumivelmente devido à concepção de que alguma energia motriz é perdida na colisão) parece ser específica de eventos causais (e.g., não se verifica quando a introdução de um espaço entre o lançador e o alvo elimina a percepção causal; Hubbard & Favretto, 2003) e constituiu porventura a primeira hipótese de medida comportamental do fenómeno relatado por Michotte. Na concepção de Hubbard, este fenómeno denunciaria a presença de uma física implícita na determinação do desfasamento mnésico (ver adiante). Assim, por exemplo, um objecto lançado apresentaria um menor Momento Representacional devido à dissipação de "energia" na colisão. De igual forma, quanto mais tempo o objecto se deslocasse, mais sujeito estaria à fricção e, logo, menor seria o Momento Representacional, conforme observado por Hubbard e Ruppel (2002); por contraste, um objecto que se movimentasse isoladamente (portanto, dotado de "movimento autónomo" por defeito) não estaria sujeito

à dissipação de energia e, portanto, o seu Momento Representacional não seria determinado pela distância (tempo) percorrida (Hubbard et al., 2001).

Na sequência do exposto, seria natural que a metáfora do momento fosse explicitamente revisitada. Como dissemos anteriormente, o resultado nulo de Cooper e Munger (1993) acerca dos efeitos da massa no Momento Representacional representou, de certa forma, uma limitação à própria metáfora do momento. Assim, Hubbard (1995; 1996), usando uma vez mais estímulos com movimento contínuo e respostas de localização comportamental, manipulou sistematicamente o tamanho dos objectos, para além da direcção do movimento. A ideia de manipular a massa implícita através do tamanho é relativamente directa e perceptivamente natural se considerarmos, por exemplo, o que se sabe sobre a ilusão peso-tamanho (Cross & Rotkin, 1975)¹⁵. Os dados mostraram que, apesar do aumento do tamanho dos objectos não conduzir a um incremento da magnitude do Momento Representacional (na direcção do movimento), resultava em todo o caso num aumento dos efeitos da Gravidade Representacional – i.e., não só conduzia a um aumento do desfasamento espacial ortogonal (*O-displacement*) descendente para os movimentos horizontais, como amplificava o desfasamento descendente em movimentos verticais. Apesar de estes resultados não restabelecerem completamente a metáfora do momento (que deveria incluir um efeito claro da massa no momento), enquadram-se com relativa facilidade na hipótese que temos vindo a desenhar de que o desfasamento da localização espacial em memória traduz invariantes ecológicos congruentes com uma física implícita – neste caso em particular, a massa, por si mesma, não tem efeitos excepto na sua

¹⁵ Aqui, um objecto maior é percebido como mais pesado do que um objecto menor, mesmo quando as massas são equivalentes.

materialização enquanto peso, uma variável particularmente relevante na apreensão do mundo físico¹⁶. Os dados da Física Intuitiva (e.g., Anderson & Wilkening, 1991) têm demonstrado amplamente que os observadores humanos julgam que objectos mais pesados caem mais depressa – uma apreensão da ideia de massa que, de resto, se reflectiu na própria história da Física, vindo a ser revista por Galileu (cf. Koyré, 1992; Jammer, 1961)¹⁷.

De resto, é aqui que a teorização em torno do Momento Representacional se cruza mais vincadamente com a ontologia e a epistemologia (cf., e.g., Bertamini, 2002). Na história da Física, o pensamento pré-galilaico da época medieval concebia as leis do movimento e os fenómenos físicos a partir da noção de “ímpeto” – uma força que animava os corpos depois de neles ter sido impressa por um agente exterior e que se desvanecia ao longo do tempo. Por exemplo, uma bola lançada manter-se-ia em movimento enquanto durasse o ímpeto nela impresso; um projectil de um canhão descreveria uma trajectória rectilínea até que o ímpeto se dissipasse, altura em que o projectil cairia em linha recta em direcção ao solo (Koyré, 1992; Jammer, 1957; Kozhevnikov & Hegarty, 2001; Halloun & Hestenes, 1985; Hecht & Bertamini, 2000). Alegadamente, o Momento Representacional repousaria em representações implícitas similares, correspondendo ao modo de internalização de regularidades ou invariantes ecologicamente relevantes.

¹⁶ A velocidade de queda de um objecto é, assim, deduzida por um observador humano com base no conhecimento que constituiu através da sua interacção com o mundo: um objecto mais pesado requer um maior esforço para ser levantado – a sensação subjectiva é que este tende com maior intensidade para o solo e, logo, dever-se-á deslocar nessa direcção mais rapidamente.

¹⁷ Uma variação deste efeito encontra-se na popular questão, colocada em tom jocoso: “O que pesa mais, um quilo de chumbo ou um quilo de algodão?”. A resposta, errónea mas imediata, que com frequência se obtém traduz o que temos vindo a realçar: a massa/peso é apreendida na medida em que exerce efeitos fenomenologicamente relevantes.

É exactamente neste sentido que Hubbard, ao mesmo tempo que procura elaborar uma concepção construtivista/computacional, inspirada na abordagem de Marr, recupera activamente a ideia de isomorfismo de 2º grau, proposta por Shepard (Shepard, 1975; 1984), como uma das peças teóricas centrais para a compreensão do Momento Representacional.

2. A PERCEPÇÃO DIGITAL

Cet oeil reste, d'ailleurs, digital jusque dans ses procédés propres, et c'est un autre point que nos voudrions aborder, en vue, à la fois, de répondre, à la question que nous posions tout à l'heure concernant l'extension de la couleur, c'est-à-dire la perception de l'étendue visuelle, et d'achever de montrer l'unité du dessein qui preside à la constitution de la sensorialité sous toutes ses formes. (...) La fovea est un doigt en ce sens, et elle nous sert, non à percevoir l'étendue, mais à la faire, en éntendant un point. Comme l'aveugle de naissance qui veut palper les choses les précipite (...) vers la pointe de ses doigts, de même, le mouvement de bascule de l'oeil précipite incessamment vers la fovea les excitations rétiniennes que nous voulons explorer.

(Pradines, 1948, pp. 539-541)

Na Grécia Antiga eram comuns pelo menos duas posições, opostas entre si, acerca da percepção visual. Por um lado, a teoria “intromissionista”, defendida, e.g., por Demócrito (425 AC), postulava que elementos pictóricos (as *eidolas*¹⁸) se libertavam dos objectos entrando no olho e produzindo a impressão visual. Por outro lado, defendida por Platão (427-322 AC), a teoria “extromissionista” alegava que raios, de natureza similar à luz, seriam projectados pelos olhos de forma a adquirir, por contacto (a rigor, por coalescência com a luz projectada), a impressão visual dos objectos (cf., e.g., Lindeberg, 1976). Se é verdade que a História veio a tomar o partido da teoria “intromissionista”¹⁹, certos aspectos implícitos na

¹⁸ Apontamos aqui a raiz etimológica no termo *eido*, apresentado no início do capítulo 1.

¹⁹ Em grande parte devido aos avanços na geometria perspectiva, desenvolvida durante o Renascimento, combinados com o avanço dos conhecimentos acerca da fisiologia da retina (e.g., Ings, 2007).

posição “extromissionista” tomam hoje em dia forma nas mais influentes concepções acerca de percepção visual, em especial na percepção do espaço. Na ideia de que o olho funciona de forma activa na sua interacção com o mundo, num processo de busca e captação de informação similar à exploração táctil do ambiente, revelado, por exemplo mas não só, nos dados acerca dos movimentos oculares (e.g., Findlay & Gilchrist, 2003), ressoam algumas das conjecturas que parecem ter alimentado a teoria “extromissionista”. É a estes aspectos da percepção activa, com enfoque nas interacções motoras e nas potencialidades de acção, que nos referimos como “percepção digital” – recorrendo a uma comparação explícita com o tactear com os dedos (*digitus, i*) enquanto forma de aquisição de informação sobre as qualidades extensivas do mundo (em consonância com a citação de abertura de Pradines)²⁰. Convém também, desde já, clarificar que nos restringiremos quase exclusivamente à percepção visual, ainda que certos pontos mais ou menos gerais possam com propriedade ser tratados noutras modalidades de apreensão do espaço.

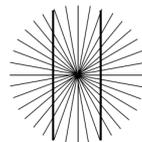
A noção de percepção activa não é, de todo, recente, tendo na verdade sido amplamente defendida por Gibson (Gibson, 1986; Gordon, 1989; Michaels & Carello, 1981) na sua teoria das *affordances* e na ênfase do papel do movimento e locomoção dos seres sensíveis – na concepção de Gibson, a percepção visual dispensa as representações mentais internas, podendo a informação necessária e disponível ser directamente adquirida sob a forma

²⁰ O nosso uso do termo “percepção digital” é aqui próximo de algumas das ideias expressas por Alva Nöe (2004, p.1): “*Perception is not something that happens to us, or in us. It is something that we do. Think of a blind person tap-tapping his or her way around a cluttered space, perceiving that space by touch, not all at once, but through time, by skilful probing and movement. This is, or at least ought to be, our paradigm of what perceiving is. The world makes itself available to the perceiver through physical movement and interaction (...). Perception is touch-like in this way: Perceptual experience acquires content thanks to our possession of bodily skills.*”

de *affordances* ou potencialidades de acção por qualquer modalidade sensorial sintonizada (*attuned*) para o seu mundo. Por exemplo, a própria dinâmica de expansão/contracção das projecções dos objectos na retina aquando da locomoção, especificam não só a velocidade e direcção do sujeito mas também a apreensão tridimensional do espaço de locomoção (ver Figura 2 B)²¹. Trata-se, neste sentido, de uma elaboração que parte claramente da ideia de *Umwelt* (ambiente; mundo envolvente), do *Wirkwelten* (mundo de efeitos, descrito por Jakob von Uexküll, 1940; ver Figura 2 A) e da noção de *Dasein* (“ser aí”; Heidegger, 1927).

Em conclusão, a impressão do mundo não nos é dada em si mesma, de forma passiva, simplesmente pelo facto de possuímos um sistema perceptivo visual, de forma similar a uma máquina fotográfica que captura na sua totalidade e num relance o mundo externo, como sugerido, por exemplo, na famosa imagem de Mach (1959; ver Figura 2 C).

²¹ De acordo com alguns autores (e.g., Changizi et al, 2008), este ponto, associado à hipótese de que o sistema nervoso efectua compensações dos tempos de transmissão neuronal (discutiremos este ponto no capítulo 2.4), permite explicar algumas ilusões óptico-geométricas. Por exemplo, na ilusão de Hering (ver abaixo) as linhas diagonais sugerem um fluxo óptico para diante, situação na qual objectos verticais (como os representados pelas linhas verticais paralelas) são antecipados como projectados de forma abaulada na retina à medida que o observador deles se “aproxima”.



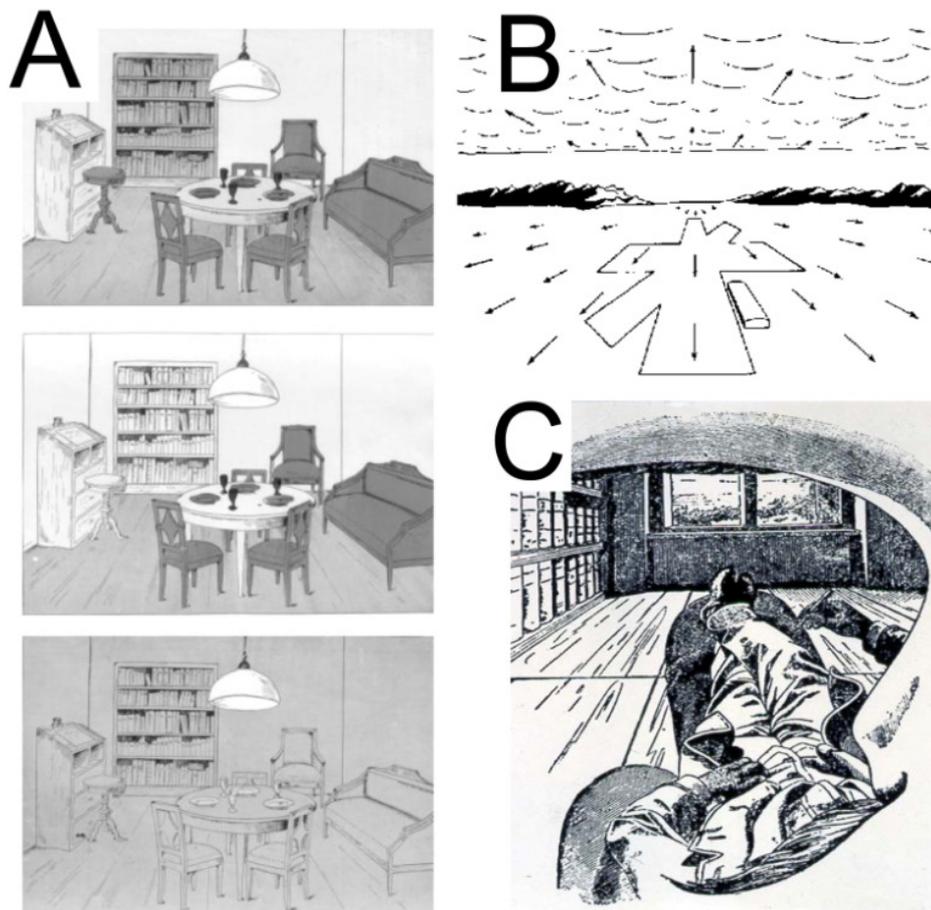


Figura 2 – A. Representação gráfica do *Wirkwelten* de um humano (topo), com sombreados nos elementos que possibilitam “sentar”, “ler” e “comer/beber”; de um cão (ao meio), sem o sombreado na estante (“ler”) e no banco (“sentar”); de uma mosca (em baixo); B. Representação do fluxo óptico; C. O campo visual num desenho de Mach (1959).

Pelo contrário, a percepção visual depende de uma exploração sistemática, intencional, volitiva e activa do mundo (Noë, 2004), remanescente ainda da exploração táctil, leia-se “digital”.

Esta insistência na enactividade²² (por oposição à mera reactividade) não é, de todo, exagerada. Na verdade, a exploração motora do ambiente parece ser um requisito necessário para a própria estruturação e, logo, apreensão, da informação visual. Considere-se, e.g., a experiência de Held e Hein (1963; cf. Também Nöe, 2004): dois gatinhos recém-nascidos foram criados num carrossel circular, fechado, com listas negras na parede interior; ambos os gatinhos estavam presos a um dispositivo rotativo, sendo que um deles se encontrava num cesto, suspenso no ar, e o outro assente no chão, de tal forma que a sua locomoção resultava no movimento simultâneo do outro animal. Desta forma, ambos os gatinhos foram expostos às mesmas informações visuais, sendo a única diferença a congruência entre essas informações e a exploração motora/locomoção. Os resultados revelaram-se dramáticos: apenas o gato cuja locomoção era congruente com o fluxo visual desenvolveu percepção de profundidade normal, sendo o outro funcionalmente cego. Dito de outra forma, a enactividade fornece uma estrutura organizadora da informação visual que, de outro modo, seria desestruturada ao ponto de inviabilizar a percepção visual.

Assim, em parte, se a concepção activa da percepção visual tardou em ser amplamente aceite e defendida, tal deve-se à aparente dissimilaridade entre a visão e a acção motora. Considere-se, por exemplo, o acto de tocar piano seguindo uma partitura: as notas, representadas na pauta, deverão ser apreendidas e interpretadas pelo sistema visual e, de seguida, traduzidas numa acção motora – problema da incomensurabilidade entre visão e acção. É fácil antecipar que algures no cérebro deverá ser efectuada uma

²² O termo *Enacção* (*Enaction*), por oposição a *inacção*, surge originalmente como um formato de organização do conhecimento, na concepção de Bruner (1966) (a par com o *Icónico* e o *Simbólico*). O termo realça o papel da acção e competências motoras na aquisição e estruturação da informação.

“tradução” de uma modalidade para a outra, de forma a re-mapear a informação visual numa acção motora. Parte considerável das concepções teóricas na literatura dos tempos de reacção explícita estes mecanismos de mapeamento (Prinz, 1997). A ideia remonta já a Descartes (1664) que, de forma a resolver a relação entre visão e acção, propôs que a condução aferente funcionaria, de forma metafórica, como um sistema mecânico de movimento, ao passo que a condução eferente ocorria por pressão hidráulica, sendo a tradução entre ambos efectuada na glândula pineal. A rigor, porém, há que realçar que Descartes não ignorou a relação entre visão e sensibilidade táctil tendo, na verdade, proposto uma analogia entre a visão binocular e a exploração do mundo por um cego com duas varas (cf., Noë, 2004).

Parte significativa da teorização e investigação recentes sobre a relação entre percepção e motricidade admite, invariavelmente, uma base conceptual comum, seja pela declaração explícita de uma codificação comum (Prinz, 1997), pela hipótese de simulação motora na percepção (cf. e.g., Jeannerod, 2006) ou ainda pela proposta de emulação (Grush, 2004). Em termos empíricos, temos assistido a um acumular de evidência que, progressivamente, tem contribuído para suplantado uma separação demasiado estrita entre percepção e motricidade (cf. e.g., Amorim, 2010) e para um entendimento renovado da percepção do movimento. Nesta concepção, todo o movimento percebido é entendido na exacta medida em que é motoricamente replicável²³. Este ponto de vista tem emergido de um espectro amplo de estudos, incluindo, por exemplo, estudos sobre o

²³ Uma noção que já havia sido defendida para a percepção dos sons da fala pela Teoria Motora (e.g., Galantucci, Fowler & Turvey, 2006). Esta última defendia que a compreensão da linguagem falada dependia criticamente da capacidade de o próprio ouvinte a conseguir reproduzir motoricamente.

auto-reconhecimento com base em padrões cinemáticos de movimento (ver adiante: Capítulo 2.3), o estudo de Grosjean, Shiffrar, e Knoblich (2007) mostrando que a Lei de Fitts²⁴ regula não só as acções motoras mas também a percepção dessas acções, os estudos de Viviani (Viviani, 2002; Viviani, Baud-Bovy, & Redolfi, 1997; Viviani & Stucchi, 1989, 1992) revelando que a percepção da velocidade de um alvo em movimento que descreve uma elipse exprime a mesma Lei de Potência dos Dois-Terços que regula a execução de movimentos elíptico²⁵, ou o estudo de Hecht e Bertamini (2000) sobre a externalização de dinâmicas corporais (cf. também Kerzel & Hecht, 2001). Neste último constatou-se que, quando expostos a uma representação esquemática do lançamento de uma bola por um humano e solicitados a indicar em que ponto da trajectória do móvel este atingiria o máximo de velocidade, os participantes indicavam sistematicamente um ponto já consideravelmente afastado da mão do “lançador”. De acordo com os autores do estudo, uma estimacão subjectiva da velocidade do braço após o lançamento poderia estar na origem deste resultado.

Tem-se assistido assim, recentemente, à confluência de diferentes abordagens no reconhecimento do carácter enactivo da percepção e da cognição, sob a forma de teorias da visão activa, da cognição corporalizada/situada ou da percepção/cognição enactivas, e ainda da valorização de evidências neurofisiológicas relativas aos circuitos corticais de percepção-acção. De acordo com Wilson (2002), a este movimento

²⁴ Provavelmente uma das mais bem estabelecidas e estudadas leis da Psiconomia, a Lei de Fitts postula que o tempo requerido para executar um movimento para um alvo é função da distância e da área desse mesmo alvo.

²⁵ Na execução de um movimento elíptico (efectuado, por exemplo, com o braço) com instruções de manutenção da velocidade, as pessoas desaceleram nas secções em que a curvatura da trajectória é mais pronunciada. Isto é, a sensação de velocidade constante encontra-se desfasada da velocidade real (associada a acelerações e desacelerações).

subjazem pelo menos algumas das seguintes considerações: (i) a cognição é situada – isto é, toma forma e actua num contexto real, ambiental, envolvendo inerentemente a acção (e.g., Chiel & Beer, 1997; Clark, 1997; Pfeifer & Scheier, 1999; Steels & Brookes, 1995); (ii) a cognição está sujeita a pressões temporais – a cognição evoluiu de forma a dar resposta em tempo-real às necessidades ecológicas (pense-se, por exemplo, que uma qualquer criatura móvel deve lidar com predadores e presas, também eles dotados de mobilidade, obstáculos estáticos e características do próprio terreno); assim, a variável tempo, mais que um constrangimento à cognição, integra indelevelmente a sua própria arquitectura e funcionamento; (iii) os seres cognoscentes usam o mundo como repositório de informação de forma a diminuir a carga cognitiva – isto corresponde à ideia de *off-load*, em que o mundo é o melhor modelo (representação) de si mesmo, dispensando-se assim a sua representação exaustiva na cognição (é na interacção com o mundo que se recupera essa informação, sempre que necessário; Kirsh & Maglio, 1994; Ballard et al., 1997); (iv) o ambiente faz parte do sistema cognitivo – privilegia-se aqui o fluxo contínuo de informação entre o mundo e o ser sensível que, por sua vez, actua no primeiro; este fluxo é tão denso que o binómio ser-mundo deverá ser tomado como unidade (Beer, 1995; Greeno & Moore, 1993; Thelen & Smith, 1994; Wertsch, 1998; Clark, 1998); (v) a cognição serve, em última análise, a acção – esta é a função primordial da cognição e deverá ser entendida em termos da sua contribuição para o comportamento (Franklin, 1995; Churchland et al., 1994; Noë, 2004; O'Reagan & Noë, 2001); (vi) a cognição é baseada no corpo – mesmo quando considerada nas suas dimensões abstractas, a cognição depende de mecanismos corporalizados que evoluíram para a interacção com o ambiente (Dennet, 1995; Glenberg, 1997; Grush, 1998;

Stein, 1994)²⁶. Tomadas em geral, estas considerações delimitam o campo de investigação da cognição corporalizada (*embodied cognition*; cf. e.g., Shapiro, 2007; Anderson, 2003; para uma discussão teórica crítica cf., Wilson, 2002; Mahon & Caramazza, 2008).

Abarcar na sua totalidade estes aspectos ultrapassa largamente o objectivo da nossa discussão. Porém, nas secções seguintes abordaremos algumas das considerações mais relevantes para os nossos objectivos.

²⁶ A este respeito, podem notar-se alguns resultados das investigações sobre o recurso a gestos como apoio à linguagem. Com efeito, tem-se verificado que o gesticular não preenche unicamente funções comunicativas (sendo, por exemplo, observado igualmente em cegos), mas sim de elaboração e estruturação do pensamento, pela espacialização de conceitos abstractos (e.g., quando se procura opor duas noções distintas, não são incomuns gestos que simulam o acto de agarrar num objecto e colocá-lo à esquerda [enquanto se descreve um dado conceito], seguido de gestos similares à direita [enquanto é descrito um conceito oposto]). (cf., e.g., Goldin-Meadow, 1999).

2.1. O carácter extensivo da percepção visual: a visão activa

Basta que eu veja qualquer coisa para saber aproximar-me dela e atingi-la, mesmo sem saber como tal se faz na máquina nervosa. O meu corpo móbil conta no mundo visível, faz parte deste, e por isso posso dirigi-lo ao visível. Por outro lado, não é menos verdade que a visão está suspensa do movimento. Só se vê aquilo para que se olha. Que seria da visão sem qualquer movimento dos olhos, e como não confundiria o seu movimento as coisas se ele próprio fosse reflexo ou cego, se não tivesse a sua sensibilidade, a sua clarividência, se a visão não se antecipasse nele? Todas as minhas deslocações figuram, por princípio, ao meu alcance, pelo menos ao alcance do meu olhar, edificado sobre o plano do «eu posso». Cada um destes planos está completo. O mundo visível e o dos meus projectos motores são partes totais do Ser.

(Maurice Merleau-Ponty, O Olho e o Espírito)

Os movimentos oculares revestem-se de uma enorme importância para a percepção visual. Em primeiro lugar, a fóvea, ocupando não mais do que 1° a 2° do campo visual, constitui a única zona retiniana com alta resolução, sendo que a uma distância de 1° a 5° da fóvea a resolução apresenta já uma diminuição sensível (zona parafoveal) e, a mais de 5°, isto é, na zona periférica, a acuidade visual desce dramaticamente (cf. Findlay & Gilchrist, 2003). Assim, de forma a captar o máximo de informação do mundo, os olhos têm de se movimentar para fazer coincidir os locais de interesse do campo visual com a fóvea. De forma geral, os movimentos oculares dividem-se em pelo menos três tipos: (i) sequências de sacadas-fixações; (ii) perseguição suave de objectos móveis; (iii) movimentos de vergência, que possibilitam que ambos os olhos mantenham a fixação num objecto que se move em profundidade (*ibidem*). É ao sistema sacádico que se devem os movimentos rápidos e sucessivos que podemos observar nos olhos – em média, realizamos 2 a 3 sacadas (movimento súbito do olho) por segundo,

às quais se segue uma fixação, período durante o qual o olho se mantém relativamente estável. A rigor, numa fixação, o olho não se encontra totalmente estável, ocorrendo movimentos de curta amplitude como sejam tremores ou nistagmos fisiológicos, *drifts* e microssacadas. Em si mesmo, o movimento do olho constitui uma condição necessária da percepção visual. Como o demonstram estudos nos quais a projecção de um estímulo visual é mantida estável na retina – seja impedindo os movimentos oculares (e.g., com anestesia dos músculos), seja fazendo o estímulo mover-se em sincronia com a retina, seja ainda tornando visível a vasculatura retiniana através de iluminação (cf. Martinez-Conde et al., 2004) –, após alguns segundos a impressão visual desvanece-se (*fade-out*), só voltando a ser possível ver caso haja um movimento (ou do olho ou do estímulo; *ibidem*).

No mesmo sentido, Land et al. (2002) descrevem o caso de uma jovem que, por razões clínicas, não conseguia mover os olhos de forma voluntária. Esta paciente apresentava movimentos de cabeça em tudo similares aos movimentos oculares normais e, dessa forma, mostrava uma apreensão visual normal, fosse em tarefas de leitura ou do dia-a-dia. No conjunto, estes dados atestam a importância dos movimentos oculares na percepção visual e, em particular, sublinham o seu carácter activo e prospectivo na busca de informação visual, o aspecto nuclear do programa de investigação intitulado Visão Activa.

Parte desta linha de investigação tem-se desenvolvido em estreita relação com a robótica e a inteligência artificial. Modelar artificialmente um comportamento aparentemente tão simples como a deslocação num ambiente natural preenchido com diferentes obstáculos (aspecto rotineiramente resolvido por alguns dos mais simples organismos terrestres), tem-se revelado um dos mais desafiantes problemas nessa área, contrastando com a relativa facilidade com que se programa um computador

para jogar xadrez (cf. Markman & Brendl, 2005). A inclusão de sensores que funcionam de forma activa na busca de informação (seja no próprio *hardware* ou numa solução baseada em *software*), ao invés de meras câmaras de campo que registam passivamente o mundo, tem vindo a constituir uma das mais promissoras vias de pesquisa no domínio.

No caso do estudo da percepção (humana), parte da investigação tem como plano de fundo as ideias de O'Regan e Nöe (2001) que, num influente artigo, postulam o carácter exploratório, mediado pelo conhecimento implícito das contingências sensorio-motoras, da visão. Assim, a visão é constrangida tanto por peculiaridades do próprio sistema sensorial (fisiologia e mecânica do olho) como pelas projecções dos objectos (determinadas, por exemplo, pela sua geometria). Estas propriedades dão lugar a um conjunto de invariantes que assumem sentido para o observador através da relação regulada com o seu movimento (locomoção ou movimentos oculares) e com a motivação ou pressões associadas à própria tarefa. “Ver” é nesta perspectiva o exercício activo do conhecimento implícito do sentido desses invariantes e da sua relação com o sistema sensorio-motor. A generalidade desta concepção é bem patente na teoria da actividade perceptual da imaginaria (Thomas, 1999), assente em dados empíricos que sustentam que numa tarefa de inspecção de imagens mentais (conforme descrito anteriormente) os sujeitos re-activam movimentos oculares similares aos efectuados aquando da apresentação física da imagem (e.g., Laeng & Teodorescu, 2002).

A validade da noção de contingências sensorio-motoras está igualmente patente nos esforços para desenvolver próteses visuais (Bach-y-Rita & Kerckel, 2003; Kaczmarek et al., 1985) baseadas em informação táctil – o sujeito invisual é dotado de uma câmara (e.g., embutida nuns óculos) que traduz a imagem obtida num painel constituído por pequenos apontadores

(tipo pixéis), vibradores ou eléctrodos passíveis de serem sentidos quando colocados na pele (e.g., nas costas) ou na língua dos sujeitos. Após algum treino, os sujeitos relatam uma experiência fenomenologicamente equiparável à visão (com algumas limitações óbvias, como sejam a baixa resolução e a ausência de cores). Bach-y-Rita (1972; cit. in O'Reagan & Nöe, 2001) relatam a situação em que os investigadores ampliaram subitamente a imagem captada pela câmara num sujeito desprevenido que, reflexamente, levantou um braço e se moveu para trás de forma a evitar o que lhe pareceu ser uma aproximação súbita do objecto. Assim, de forma não metafórica, “ver” é algo feito pelo cérebro com base em informação espacial, usualmente obtida pelos olhos mas que, em certas condições, pode ser re-mapeada noutra modalidade (e.g., táctil).

Num sentido mais geral, porém, a investigação em torno dos movimentos oculares tem essencialmente reforçado a sua articulação com a actividade cognitiva, estendendo significativamente os resultados pioneiros de Yarbus (cf. Findlay & Gilchrist, 2003). Este, nas décadas de 50 e 60, recorrendo a uma tecnologia mecânica para registar os movimentos oculares, verificou que o padrão de inspecção ocular está intimamente ligado à tarefa do observador. Desde então, toda uma série de estudos tem acumulado um extenso corpo de dados acerca dos padrões de movimentos oculares associados a diversas tarefas. Entre os fenómenos mais estudados encontra-se a leitura. Por norma, cada fixação, com uma duração de 200-250 ms, tende a abarcar uma extensão de 7 a 9 letras, independentemente do tamanho da letra ou das condições de visualização, sendo as sacadas influenciadas, nalguns casos, por aspectos lexicais (cf. Findlay & Gilchrist, 2003, para uma revisão).

Mais importante para a nossa discussão é a íntima relação que parece haver entre os movimentos oculares e a atenção. Um paradigma já clássico no

estudo da atenção deve-se a Posner (cf. e.g., Posner & Raichle, 2001), que viria a estabelecer os principais resultados acerca da atenção coberta. De forma simples, os participantes deveriam fixar uma cruz apresentada no centro de um ecrã; a certa altura surgia, do lado esquerdo ou direito da cruz, um alvo, cuja presença o sujeito deveria assinalar, pressionando o mais rapidamente possível um botão do lado esquerdo se o alvo surgisse desse lado, ou um botão do lado direito se o alvo surgisse à direita. Porém, instantes antes do aparecimento do alvo, podia ser apresentada uma pista (periférica: uma luz piscava nas imediações do local do provável aparecimento do alvo; foveal: uma seta apontando para a direita ou esquerda era apresentada no ponto de fixação) que podia ser válida (assinalar o local onde, de facto, o alvo surgiria) ou inválida (fornecendo uma informação incorrecta). O resultado característico era um decréscimo dos tempos de reacção para pistas válidas e um aumento dos mesmos (em relação a uma situação sem pista) com pistas inválidas. Uma teoria explicativa deste fenómeno foi proposta por Rizzolatti (Rizzolatti et al., 1987; Rizzolatti et al., 1994): a teoria pré-motora da atenção/percepção. De acordo com esta, o mesmo mecanismo que subjaz ao planeamento de sacadas oculares é responsável pela deslocação da atenção encoberta, a qual corresponde, no limite, ao momento em que o sistema motor é pré-activado de forma a facilitar a sacada. A atenção espacial encoberta seria assim um produto da acção de sistemas motores. Num dos estudos que suportam esta conclusão, os observadores eram expostos a um ecrã com uma linha de 4 quadrados na parte superior e um quadrado na parte inferior. Eram adicionalmente instruídos a manter o olhar fixo no centro do ecrã e, quando num dos quadrados da linha superior surgisse uma pista, a moverem o olhar para o quadrado inferior, indicando o mais rapidamente possível se lá se encontrava um alvo. Nestas condições, verificou-se um desvio significativo da trajectória da sacada no sentido oposto à posição espacial da pista (Rizzolatti et al., 1994; Sheliga et al., 1994).

A relação entre os movimentos oculares e as acções motoras veio também a ser teorizada por Ballard et al. (1997) na sua proposta dos códigos deícticos. De certa forma, estes autores atribuem aos movimentos oculares uma função similar ao apontar, interpretando explicitamente as fixações como “ponteiros” numa tarefa cognitiva – o princípio é o de externalizar²⁷ para o mundo a informação da memória de trabalho, de forma a minimizar ao máximo a carga cognitiva. Uma vez mais, é aqui destacada a ideia de que o mundo será o melhor modelo de si mesmo, servindo como repositório da informação e dispensando assim a necessidade de recorrer a uma representação mental. Ballard et al. (1995) desenharam uma experiência na qual os sujeitos deveriam copiar um modelo pictórico, constituído por quadrados coloridos, recorrendo a um conjunto de quadrados disponibilizados para a construção, os quais poderiam ser arrastados através do rato num computador. Pela inspecção dos movimentos oculares foi possível verificar que a obtenção de informação era tendencialmente adiada até ao momento em que a mesma fosse necessária. Por exemplo, os sujeitos tendiam a efectuar uma fixação numa zona alvo do modelo apreendendo a cor, seguida de uma busca visual de um quadrado da mesma cor, o qual era então “agarrado” com o cursor do rato; de seguida efectuavam uma nova fixação no modelo para verificar a sua localização espacial; só após esta sequência o quadrado era arrastado para a construção. Dito de outra forma, e apesar da possibilidade de obter informação simultaneamente para a cor e posição numa única fixação, os participantes espontaneamente adiavam a captura de informação até ao exacto momento em que a mesma fosse requerida. Por outro lado, a dinâmica de sacadas-fixações antecipava de perto as acções motoras – de acordo com Ballard et al. (1997), a tarefa era

²⁷ Anglicismo (*externalization*) que, porém e neste contexto, acentua a oposição com o acto de internalizar (interno *versus* externo). Esse sentido ficaria atenuado com a adopção do termo exteriorizar (interior *versus* exterior).

resolvida através de uma sequência de instruções deícticas baseadas num pequeno conjunto de operações primitivas. Caso, por exemplo, os investigadores alterassem a cor ou a posição após os sujeitos terem usado essa informação, estes raramente se apercebiam da alteração, mostrando que a informação já não se encontrava disponível. Este adiamento das representações cognitivas, ou a sua elaboração em linha (*online*) somente quando necessário, contrasta claramente com a posição clássica e reforça a ideia corporalizada na Visão Activa.

Uma extensão importante deste tipo de resultados diz respeito ao estudo dos movimentos oculares em tarefas do dia-a-dia, por contraste com os estudos laboratoriais. De um modo geral, verifica-se que as conclusões obtidas em laboratório se mantêm válidas fora dele, suportando a sua validade ecológica (cf. Hayhoe & Ballard, 2005 para uma revisão). Por exemplo, Land et al. (1999) efectuaram um estudo de oculografia em sujeitos instruídos a preparar uma chávena de chá. Verificaram assim que (i) as fixações se dirigiam sistematicamente aos objectos usados e muito poucas fixações eram irrelevantes para a tarefa; (ii) cerca de um terço de todas as fixações podiam ser categorizadas nas seguintes funções básicas: *localizar* (objectos a serem usados), *direccionar* (a mão ou objecto para uma nova localização), *guiar* (a aproximação de um objecto a outro) e *verificar* (o estado de uma variável); (iii) as fixações antecipavam as acções motoras em cerca de 600 ms. Outras tarefas estudadas nestas condições incluem um jogo de ténis de mesa, conduzir um automóvel e ler uma partitura (cf. Land & Furneaux, 1997). Na condução automóvel, perante uma curva, as pessoas tendem a fixar o ponto da tangente da curva, revelando um conhecimento tácito de que a informação sobre a curvatura se pode obter nesse ponto exacto. Já no caso do jogo de ténis de mesa, e contrariamente às nossas intuições, os olhos não acompanham a bola, antes antecipando a sua posição no espaço. Por exemplo, na altura em que o adversário lançava a bola, os

sujeitos tendiam a efectuar uma sacada e a fixar o ponto da mesa onde se antecipava o ressalto da bola, cerca de 400 ms antes da mesma atingir esse ponto. No mesmo sentido, Flanagan e Johansson (2003) apresentam dados que indicam que, quando se observa uma actividade desempenhada por um terceiro, os movimentos oculares são predictivos das acções deste e não reactivos, o que traduz um conhecimento e compreensão implícitos do evento observado.

Tomados no seu conjunto, estes dados sustentam a concepção digital da percepção visual, em particular o carácter activo de procura e obtenção de informação que a aproxima duma exploração táctil, em contraste com a concepção clássica segundo a qual a visão se destina à apreensão passiva do mundo, por analogia com uma câmara fotográfica.

2.2. Aspectos neurofisiológicos do ciclo percepção-acção

A Man, being born blind, and having a Globe and a Cube, nigh of the same bigness, Committed into his Hands, and being taught or Told, which is Called the Globe, and which the Cube, so as easily to distinguish them by his Touch or Feeling; Then both being taken from Him, and Laid on a Table, Let us Suppose his Sight Restored to Him; Whether he Could, by his Sight, and before he touch them, know which is the Globe and which the Cube? Or Whether he Could know by his Sight, before he stretch'd out his Hand, whether he Could not Reach them, tho they were Removed 20 or 1000 feet from Him?

If the Learned and Ingenious Author of the Forementiond Treatise think this Problem Worth his Consideration and Answer, He may at any time Direct it to One that Much Esteems him, and is, His Humble Servant William Molyneux, High Ormonds Gate in Dublin. Ireland

(Molyneux, carta dirigida a John Locke, 1688)

A ideia de que a visão funciona de forma unitária, enquanto modalidade perceptiva, foi desafiada, pela primeira vez, nas décadas de 60 e 70 do século XX. Estudos de lesões cerebrais selectivas em hamsters (Schneider, 1969), sapos (Ingle, 1973) e primatas (Trevarthen, 1968) permitiram, de forma pioneira, delimitar pelo menos dois sistemas neurofisiológicos de processamento visual, a saber: um de natureza cortical, relacionado com a identificação focal dos objectos, e outro, residindo em vias sub-corticais, envolvido no processamento espacial global do ambiente.

Terá sido já nos anos 80 que Ungerleider e Mishkin (1982; cf. Giorello & Sinigaglia, 2007; Ungerleider & Haxby, 1994), examinando os efeitos de lesões selectivas em primatas, concluíram que os dois sistemas se encontravam suportados por vias corticais distintas. Assim, uma lesão no lobo temporal inferior impossibilitava a discriminação entre dois objectos

(de diferentes cores, formas e texturas) mas não as suas relações espaciais, ao passo que uma lesão no lobo parietal posterior resultava no inverso. Ungerleider e Mishkin distinguiram assim uma via visual ventral, coloquialmente associada à questão “o quê?” (*What*), e uma via visual dorsal, dedicada ao processamento da informação relativa à questão “onde?” (*Where*).

Na realidade, sabemos que estas vias, dorsal e ventral, recebem parte considerável da sua informação de sistemas anatomo-fisiológicos distintos (cf. Merigan & Maunsell, 1993). De forma muito resumida, a zona V1 do córtex visual recebe informação da retina mediante as vias parvocelulares (associadas às células ganglionares X: a camada parvocelular apresenta respostas de alta resolução espacial e sustentadas perante a manutenção do estímulo) e magnocelulares (associadas às células ganglionares Y: a camada magnocelular possui grande acuidade temporal e apresenta respostas cerca de 20 ms mais curtas que as parvocelulares, ainda que transientes ou fásicas; existem evidências de que a via magnocelular está envolvida no processamento de movimento) (cf. e.g., Bruce et al., 2003; Goldstein, 2010). Parte considerável da informação transmitida pela via magnocelular é depois encaminhada para o córtex parietal posterior e áreas adjacentes, incluindo a área Medio-Temporal (MT ou V5), Medial-Superior-Temporal (MST) e Intraparietal Lateral (LIP), zona na qual, juntamente com informação subcortical (processada essencialmente pelo colículo superior e pulvinar), se centra a actividade da via visual dorsal. Por outro lado, a via ventral recebe informação processada tanto pela via parvocelular como magnocelular, situando a sua actividade no córtex temporal inferior, incluindo a área V4.

É, porém, a Goodale e Milner (1992; 2006; Milner & Goodale, 1995, 2008; ver também Gallese et al., 1999; Giorello & Sinigaglia, 2007; Norman, 2002

e comentários) que se deve a sistematização mais conhecida na literatura e a que mais estimulou a investigação da distinção entre as vias dorsal e ventral na Psicologia Experimental e Psicofísica. A principal distinção relativamente ao modelo “O quê/Onde”, de Ungerleider e Mishkin, tem que ver com a ênfase dada sobretudo aos objectivos ou resultados do processamento (*output*) e não tanto à natureza da informação de entrada (*input*). Apoiados principalmente, de início, no estudo neuropsicológico exaustivo do paciente D.F., Milner e Goodale estabeleceram a distinção entre percepção-para-o-reconhecimento (via ventral) e percepção-para-a-acção (via dorsal). Com efeito, D.F. possuía lesões extensas nas áreas occipitotemporais (via ventral), privando-o da capacidade de discriminar visualmente objectos, não obstante o facto de poder facilmente agir sobre os mesmos. Dito de outra forma, D.F. conseguia usar e manipular objectos cujas características (forma, tamanho, cor, orientação, etc.) não podia reconhecer visualmente, um quadro conhecido como agnosia da forma visual. Uma comparação com sujeitos com um quadro de ataxia óptica (resultante de danos no córtex parietal posterior; via dorsal), cuja principal característica reside numa incapacidade de efectuar movimentos orientados visualmente, permitiu a emergência da distinção funcional entre as duas vias visuais. Assim, de acordo com Goodale e Milner (cf. 2006), a via ventral é responsável pela elaboração de representações abstractas do mundo visual, servindo a função visual propriamente dita mas também funções mnésicas e de raciocínio – possibilita deste modo o reconhecimento, interpretação e planeamento *off-line*. Por outro lado, a via dorsal serve um propósito de acção em tempo real sobre o mundo, guiando, programando e executando operações motoras, mas associada a uma retenção mnésica extremamente pobre e de curta duração. Várias propostas têm sido apresentadas no sentido de associar a via ventral à linha de investigação teoricamente inspirada por Marr (percepção computacional) e a via dorsal às propostas teóricas de Gibson – a via dorsal seria assim responsável pelo processamento de

affordances e a via ventral pelo processamento de pistas visuais que suportam a identificação e reconhecimento dos objectos (representações; cf. Norman, 2002; Young, 2006; Goodale & Humphrey, 1998).

Terá sido, contudo, na sequência da publicação da investigação de Aglioti et al. (1995), da equipa de Goodale, que psicólogos experimentais e psicofísicos mais directamente se envolveram no estudo da distinção entre vias visuais. De forma simples, estes autores verificaram que, perante a ilusão de Ebbinghaus (na qual dois círculos de igual diâmetro rodeados de círculos mais pequenos, num dos casos, maiores no outro, dão lugar à ilusão de que um dos círculos é menor do que o outro), se instruídos a agarrar manualmente um dos círculos, os sujeitos não manifestavam na abertura dos seus dedos (com vista à preensão) qualquer influência da ilusão de tamanho. Este estudo, tanto quanto o sabemos, é pioneiro no sentido de demonstrar a possibilidade de segregar, com tarefas específicas e em sujeitos normais, o efeito das duas vias visuais. Estudos similares foram de imediato conduzidos tanto por críticos como por apoiantes das ideias de Goodale e Milner (cf. Goodale & Humphrey, 1998; Goodale & Westwood, 2004). Haffenden e Goodale (1998), Marotta et al. (1998) e Westwood et al. (2000) replicaram estes resultados usando diversos controlos experimentais. Porém, Franz et al. (2000) e Pavani et al. (1999) recolheram evidências de que em certas situações as acções motoras podiam ser afectadas pela ilusão. Donkelaar (1999) mostrou igualmente que uma resposta de apontar era afectada pela ilusão. Por outro lado, Post e Welch (1996), Gentilucci et al. (1996) e Daprati e Gentilucci (1997), reportaram dados favoráveis à dissociação comportamental entre tarefas motoras e juízos perceptivos utilizando a ilusão de Müller-Lyer, ao passo que Brenner e Smeets (1996) e Jackson e Shaw (2000) demonstraram efeitos similares com a ilusão de Ponzo. Um resultado adicional, referido por Goodale e Milner (2006), refere-se à ilusão da máscara oca – o interior côncavo de uma máscara

aparenta ser convexo, uma impressão visual extremamente realista; contudo, quando é pedido às pessoas que toquem numa marca impressa na “face” o movimento de braço é surpreendentemente pouco afectado pela ilusão. Tomados globalmente, estes e dados similares suportam a ideia de que o maior envolvimento de uma ou outra via de processamento é, em parte, determinado pela própria natureza da tarefa (cf. e.g., Bertamini, Spooner, & Hecht, 2004)

Linhas distintas de investigação têm concorrido na distinção comportamental entre percepção-para-o-reconhecimento e percepção-para-a-acção. Por um lado, toda uma extensa literatura em torno da compatibilidade estímulo-resposta, habitualmente relacionada com o estudo de *affordances*, convoca a ideia presente na conceptualização da via dorsal como “convite à acção” (Michaels, 1988; Michaels & Stins, 1997; Michaels & Schilder, 1991; Tucker & Ellis, 1998; Ellis & Tucker, 2000; Stins & Michaels, 1997, 2000; Symes et al., 2007; Bongers et al., 2004; Oudejans et al., 1996; Rice et al., 2007; Adam et al., 1996; Goodale & Humphrey, 1998). Por outro lado, Proffitt (cf. 2006), na sua proposta do conceito de Economia da Acção – sendo situada e corporalizada, a cognição respeita as pressões adaptativas, nomeadamente as que se exercem no sentido da economia de acção, associadas, por exemplo, à minimização do consumo de energia – apresenta dados que sustentam a existência de diferenças comportamentais entre tarefas motoras e de julgamento. Por exemplo, quando é pedido às pessoas que estimem o declive de uma colina utilizando uma escala numérica ou o ajuste visual de uma barra, estas apresentam uma tendência, manifesta na forma da função psicofísica, para a sobrestimação, a qual é ampliada quando os sujeitos são munidos de uma carga (e.g., uma mochila às costas). Curiosamente, porém, quando a tarefa de estimação é essencialmente motora (e.g., ajustar manualmente uma prancha ou

reproduzir o declive com a mão), a função psicofísica resultante é mais precisa e não afectada pela sobrestimação.

Estudos mais recentes têm, não obstante, conduzido a uma nova distinção no interior da via dorsal. É hoje, com efeito, aceite a existência de uma sub-via dorso-dorsal, que liga o córtex visual ao lobo parietal superior, apresentando as propriedades atrás descritas como características da via dorsal, e a sub-via ventro-dorsal, que conecta o córtex visual a algumas regiões do lobo parietal inferior. Outros estudos, como o de Rizzolatti e Matelli (2003), com origem numa série de pesquisas efectuadas em primatas (cf. e.g., Gentilucci et al., 1988; Rizzolatti et al., 1988; Murata et al., 1997), têm mostrado, pelo contrário, que certas populações de neurónios na via ventro-dorsal dificilmente se podem caracterizar, em si mesmas, como especificamente visuais ou motoras. Por exemplo, muitas células da área F5 parecem codificar especificamente acções completas como agarrar, manipular, segurar, entre outras, suportando um repertório motor sensível à acção no seu conjunto, isto é, dependente de aspectos intencionais e não dos seus movimentos constituintes. Mais importante, algumas destas células disparam também perante a apresentação visual de objectos tridimensionais – num certo sentido, é como se certas células respondessem à possibilidade de acção, como que a assinalar o potencial de agir, independentemente da acção que codificam ser ou não realizada. Finalmente, algumas células da via ventro-dorsal (cf., e.g., Gallese, 2000; Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Kohler et al., 2002), denominadas “neurónios-espelho” (*mirror neurons*), disparam invariavelmente quando o movimento é executado pelo próprio sujeito, quando o movimento é visto a ser desempenhado por um terceiro ou, nalguns casos, simplesmente quando o som de alguém a fazê-lo (e.g., abrir um amendoim) é escutado. O papel dos neurónios-espelho tem sido objecto, recentemente, de extensa investigação e teorização,

especialmente o seu eventual papel na génese da empatia e na compreensão da vida social.

Num sentido não simplesmente metafórico, a percepção visual parece adquirir neste quadro um sentido inteiramente compatível com o uso que propomos do qualificativo digital – apresentando-se já não apenas como um prenúncio de acção, mas como um verdadeiro convite à acção e interacção motora (e.g., Giorello & Sinigaglia, 2007). Este modo de conceber a percepção visual parece receber apoio crescente do acúmulo de dados neurofisiológicos verificado nas últimas décadas e, em particular, nos anos mais recentes.

2.3. Percepção directa, movimento e o problema dos atrasos neuronais

Na Percepção (...) está obviamente diante dos nossos olhos uma coisa; está aí no meio das outras coisas, vivas e mortas, animadas e inanimadas, portanto, no meio de um mundo que, em parte, como as coisas singulares, cai sob a percepção e, em parte, está também dado no nexo da recordação, e se estende a partir daí até ao indeterminado e ao desconhecido.

A este mundo se referem os nossos juízos. Fazemos enunciados, em parte singulares, em parte universais, sobre as coisas, as suas relações, as suas mudanças, as suas dependências funcionais ao modificar-se e as leis destas modificações. Expressamos o que a experiência directa nos oferece. Seguindo os motivos da experiência, inferimos o não experimentado a partir do directamente experimentado (do percebido e do recordado); generalizamos, e logo de novo transferimos o conhecimento universal para os casos singulares ou deduzimos, no pensamento analítico, novas generalidades a partir de conhecimentos universais.

(Husserl, A Ideia da Fenomenologia)

As ideias expostas por Gibson (e.g., 1986; Michaels & Carello, 1981), ao realçarem o papel activo e exploratório da percepção em seres providos de locomoção e ao afirmarem o seu carácter directo, no sentido em que dispensaria a intermediação de representações internas, viriam, nas décadas subsequentes, a inspirar uma série de trabalhos relacionados tanto com a percepção de elementos dinâmicos/cinemáticos como com a própria percepção num contexto de locomoção.

A ideia Lockiana, posteriormente desenvolvida, por exemplo, por Helmholtz (cf. e.g., Gallagher & Zahavi, 2008), e ainda predominante na literatura sobre percepção visual, segundo a qual a estimulação que chega à

retina não só é pobre como deficientemente estruturada²⁸, foi desafiada por Gibson (1986). Em primeiro lugar, através da ideia de que toda a informação necessária encontra-se já disponível nos invariantes do padrão de fluxo óptico gerado pelo movimento do observador. Em segundo lugar, através da ideia de que a captura desses invariantes depende da sensibilidade ou ajustamento do sistema perceptivo para esse tipo de informação – a propriedade de sintonia com o meio ou, no original, *attunement*. Obviamente, a percepção não constitui um fim em si mesma, antes servindo proactivamente a interacção com o mundo; é justamente o privilégio da acção o que afirma a noção de *affordance* (designando o que o objecto da percepção oferece/possibilita ao observador, isto é, a relação que mantém com o potencial de acção do observador), sendo esta a propriedade que, em última análise, é directamente percebida, na concepção de Gibson.

Uma extensão importante da noção de invariante surge nos trabalhos de Johansson (1973). De forma a estudar a percepção do movimento humano, procurou criar estímulos, tanto quanto possível, desprovidos de outra informação visual que não o mero movimento²⁹. Nesse sentido, foram filmados actores a desempenhar diversas acções vestidos com um fato negro

²⁸ Como Richard Gregory (cit. in Gallagher & Zahavi, 2008; p.93) escreve “*We are given tiny distorted upside-down images in the eye, and we see solid objects in surrounding space. From patterns of stimulation on the retinas we perceive the world of objects, and this is nothing short of a miracle.*”

²⁹ É porém a Werner Wolff (1931; cf. Knoblich, 2008) que se deve o primeiro estudo em que se procurou isolar os padrões cinemáticos do movimento biológico, o qual concluiu que os sujeitos são mais precisos a identificarem-se a si mesmos do que a outros indivíduos. Estudos similares foram conduzidos por Cutting & Kozlowski (1977), Beardsworth & Buckner (1981) e Loula et al. (2005), levando a concluir, no geral, que a maior precisão de identificação dos movimentos próprios só emerge para acções motoras nas quais as idiosincrasias não se restringem a movimentos-padrão (como andar ou correr, por oposição a, e.g., dançar). Este ponto constitui, na verdade, um dos principais argumentos a favor da ideia de simuladores representacionais das acções e do seu papel na percepção visual (e.g., a noção de emulador, Grush, 2004; a teoria da codificação comum da percepção e acção, Prinz, 1997).

com pontos brancos nas articulações principais (e.g., cotovelo, punho, ombro, etc.). Ao reduzir o brilho e aumentando o contraste, é assim possível reduzir a informação do vídeo ao movimento dos pontos brancos. Quando uma *frame* de um destes vídeos é mostrado a alguém, verifica-se que é muitas vezes impossível identificar a presença do actor. Contudo, quando é mostrado o vídeo, torna-se claro, de imediato e de forma irresistível, não apenas que o movimento se deve a um ser humano como ainda a natureza da actividade que este realiza. Do volume de estudos realizados com vídeos bi-estáveis de movimento biológico (como são hoje referidos), foi possível concluir que é possível identificar o sexo do actor (Beardsworth & Buckner, 1981; Kozlowski & Cutting, 1977; Mather & Murdoch, 1994; Runeson & Frykholm, 1983), a sua identidade (e.g., se o actor for um amigo ou o próprio sujeito³⁰; Cutting & Kozlowski, 1977); ou ainda discriminar entre diferentes actores não familiares (Stevenage et al., 1999; Richardson & Johnston, 2005); ou mesmo perceber se o actor está a tentar dissimular a sua identidade (Richardson & Johnston, 2005) ou a simular um género sexual que não é o seu (Runeson & Frykholm, 1983). Quando o actor é filmado a levantar uma caixa de forma a sugerir que essa é mais pesada ou mais leve do que é na realidade, os observadores conseguem detectar o carácter simulado dos padrões de movimento (Runeson & Frykholm, 1983). Finalmente, os observadores apresentam uma capacidade superior ao acaso de identificar estados emocionais nos actores (e.g., Brownlow et al. 1997; Dittrich et al., 1996).

Na sequência destas observações, Runeson e Frykholm (1983) propuseram o princípio perceptivo da Especificação Cinemática da Dinâmica (ECD). O

³⁰ Ver nota anterior; este dado aponta directamente para o papel dos neurónios-espelho, discutidos no capítulo anterior.

ponto de partida aqui é a distinção, usual na Física (cf. e.g., Costa & Almeida, 2004), entre a cinemática – que descreve os movimentos simples de partículas com base em variáveis como velocidade, aceleração ou distância – e a dinâmica – que descreve e procura explicar o movimento com recurso a forças, como o sejam a massa, o momento, a gravidade, a fricção, etc. Ao considerar a noção de invariantes propostas por Gibson (1986), o princípio ECD postula que, se a cinemática de um evento estiver associada a uma e uma só configuração dinâmica, então esta última é directamente percebida nesse padrão cinemático. Por exemplo, no caso da percepção do movimento biológico, como certos padrões cinemáticos são específicos do género (a saber, a altura do centro de massa, o ponto com o qual todas as partes do corpo mantêm uma relação geométrica regular), então é o género que é percebido, ou seja, os observadores vêem de imediato um homem ou uma mulher (no contexto, a dinâmica do evento). Enquanto princípio da organização perceptiva, a ECD não se restringe obviamente à percepção do movimento biológico tendo sido amplamente aplicada ao estudo da percepção de eventos mecânicos (similares aos de Michotte, 1962; Johansson et al., 1980; Runeson, 1984). Por exemplo, Warren et al. (1987) mostraram que as pessoas são capazes de julgar a elasticidade de uma bola somente com base na altura relativa dos ressaltos. Contudo, o exemplo mais estudado refere-se à percepção das massas de esferas envolvidas numa colisão. Independentemente de a colisão ocorrer a uma (num trajecto linear) ou duas dimensões (e.g., numa mesa de bilhar), a velocidade relativa das esferas entre os momentos pré e pós colisionais está em relação directa e unívoca com a razão das suas massas. Assim, pelo princípio ECD, a observação das razões de velocidades (cinemática) deverá conduzir à percepção directa das razões de massas (dinâmica), capacitando o observador a indicar qual das esferas é mais pesada. Com efeito, perante animações colisionais, observadores humanos conseguem, numa taxa claramente superior ao acaso, indicar qual das esferas possui maior massa

(Todd & Warren, 1982). Contudo, a ideia de que tal capacidade se deve ao princípio da especificação cinemática foi amplamente debatido, encontrando oposição na hipótese de que as pessoas recorreriam a um processamento heurístico (e.g., a bola que após a colisão se move mais rápido é a mais leve) e, logo, indirecto e mediado (e.g., Gilden & Proffitt, 1989; Proffitt & Gilden, 1989). A discussão manteve-se durante vários anos entre os defensores do princípio da especificação cinemática (Runeson & Vedeler, 1993; Runeson, 1995) e os proponentes da explicação alternativa, baseada em heurísticas (Gilden, 1991; Gilden & Proffitt, 1994), ao ponto de Hecht (1996) ter analisado e revisto as considerações epistemológicas de ambas as posições declarando a questão irresolúvel. Uma solução intermédia coloca a ênfase no conhecimento prévio (Runeson et al., 2000). Assim, sujeitos ingénuos recorreriam a estratégias heurísticas, ao passo que um perito (consoante o domínio considerado) tenderia a recorrer a um processamento automático, i.e., à percepção directa.

Uma segunda linha de investigação com origem nas ideias de Gibson (1986) e que importa aqui referir, ainda que brevemente, refere-se à Teoria do Tau (τ) e ao estudo dos tempos de contacto (cf., e.g., Tresilian, 1991, 1994; Kaiser & Mowafy, 1993; Bootsma & Oudejans, 1993; Lee & Young, 1985; Lee, 1998, 2004, 2006; Lee et al., 1999; Brouwer et al., 2003). Originalmente, a noção de τ surgiu no quadro do seguinte problema: quando um condutor se aproxima de um obstáculo perante o qual tem de travar (de forma segura) deverá, de alguma forma, ter acesso à informação do tempo de contacto entre o veículo e o obstáculo (Lee, 1980). A primeira ideia que surge, baseada na Física Newtoniana, é a de que o condutor apreende a distância e a velocidade do veículo através duma métrica perceptiva/subjectiva, divide a primeira pela segunda e reconverte o resultado para o tempo real. Esta seria uma concepção indirecta, no sentido em que o sujeito deverá usar as impressões visuais como dados numa

computação cognitiva, o que pressupõe um gasto de tempo. Na linha de Gibson, porém, é apropriado interrogarmo-nos se, no fluxo óptico, não haverá uma quantidade óptica que especifica, por si mesma e directamente, o tempo de contacto. Na proposta de Lee (1980), tal quantidade, denominada τ , pode ser directamente percebida pela razão entre a extensão momentânea do objecto na projecção retiniana e a taxa de variação instantânea dessa mesma extensão, i.e., a sua derivada temporal de primeira ordem. Na proposta original, a quantidade τ estaria na base de qualquer coordenação motora numa tarefa temporal. Empiricamente, verificou-se que, para certas amplitudes temporais, juízos acerca do tempo de contacto se correlacionam com o τ (Lee et al., 1983; Schiff & Detwiler, 1979; Todd, 1981). No exemplo mais conhecido e já paradigmático (frequentemente citado como uma demonstração da teoria da percepção directa de Gibson; Michaels & Carello, 1981), o momento em que, num mergulho do ganso-patola, as asas eram dispostas ao longo do corpo mostrou correlacionar-se com o valor de τ , mais do que qualquer outra variável geométrica (e.g., distância) (Lee & Raddish, 1981). De resto, a hipótese do τ tem sido amplamente discutida no âmbito do estudo das acções de intersecção em humanos (e.g., agarrar, bater com a mão ou com um taco, pontapear uma bola), existindo alguma evidência empírica a favor da validade da hipótese (e.g., Lee et al., 1983; Savelsbergh et al., 1991).

Globalmente, porém, a hipótese do τ tem e continua a ter um atractivo teórico para o qual os dados empíricos só indirectamente fornecem suporte. Nas palavras de Wann (1996, p 1043), que efectua um extensa revisão crítica dos resultados empíricos, “*a theoretical account that is highly plausible but for which there is scant empirical support and conflicting evidence*”.

Recentemente, têm surgido propostas de articulação da teoria do τ com processos neurofisiológicos, tanto num sentido geral (e.g., Lee, 2004; 2006), como, mais especificamente, com particularidades do funcionamento da via dorsal de processamento visual (Tresilian, 1995). Num estudo conduzido por Gray e Thornton (2001) são, aliás, apresentados dados que sugerem fortemente uma ligação entre as estimativas de tempo-de-contacto e o Momento Representacional: a subestimação do tempo, no primeiro caso, e o desfasamento espacial, no segundo, parecem covariar em função das condições do evento observado (de resto, se a posição final de um objecto em movimento é desfasada na memória na direcção do movimento, poderia esperar-se que o tempo de contacto com uma referência estática fosse subestimado).

Por outro lado, alguns autores têm proposto que a coordenação visuo-motora pode ser efectuada por um mecanismo de tipo limiar operando sobre a taxa de variação da extensão da projecção retiniana (cf. Wann, 1996; López-Moliner et al., 2007). Esta proposta confronta-se com algumas previsões matemáticas de modelos baseados no τ , segundo as quais a precisão de repostas de intersecções, frequentemente submetidas a pressões temporais de resposta da ordem de alguns milissegundos, requer a consideração de factores temporais na preparação e execução motoras (cf. Wann, 1996; López-Moliner et al., 2007; Tresilian, 1991, 1994, 2005; Zago et al., 2004).

Sabe-se, com efeito, que a transmissão neuronal requer tempos não negligenciáveis, como demonstrado, de forma pioneira, pelos trabalhos de Helmholtz sobre a velocidade de transmissão do impulso nervoso – ao contrário do que se pensava, esta seria inferior à velocidade do som (cf. Nijhawan, 2008). Desde então, inúmeros estudos têm relatado e medido atrasos na transmissão neural em virtualmente todas as etapas de

processamento visual – e.g., entre a retina e o nervo óptico (>10 ms; Dreher et al., 1976; Kaplan & Shapley, 1982; Ratliff & Hartline, 1959); entre o quiasma óptico e as camadas parvo e magnocelular do núcleo geniculado lateral (2 a 3 ms; Schiller & Malpeli, 1978); nas respostas das células da área V1 a estimulações retinianas (cerca de 72 ms; Raiguel et al., 1989; Maunsell & Gibson, 1992; Schmolesky et al., 1998; cf. Lamme & Roelfsema, 2000). Perante estimulação óptica complexa diferentes neurónios do córtex inferotemporal respondem com latências entre os 100 e os 200 ms (Nakamura et al., 1994). Por outro lado, latências bem conhecidas nas respostas motoras têm sido consideradas em modelos de compensação, assentes usualmente em mecanismos de *feedforward* (e.g., Jordan & Rumelhart, 1992; Miall & Wolpert, 1996). Recentemente, com base nalguns fenómenos psicofísicos (especialmente o *flash-lag effect*; ver adiante), Nijhawan propôs a existência de mecanismos de compensação similares para o processamento visual (1994), funcionalmente análogos aos propostos para a compensação das latências motoras (Khurana, Watanabe, & Nijhawan, 2003) e que constituiriam um princípio de organização intrínseco ao ciclo percepção-acção (2008). Estes mecanismos permitiriam compreender por que, não obstante a existência de latências na transmissão nervosa, pouco ou nenhum atraso nas respostas se verifica na interacção quotidiana com o mundo, mesmo em tarefas com forte pressão temporal, como certos desportos (e.g., *cricket*) cuja precisão temporal se deverá situar na ordem dos 5 ms (Tresilian, 1993). Em termos empíricos, o fenómeno que mais directamente tem sido associado ao funcionamento de tais mecanismos de compensação é o efeito *flash-lag*. Um objecto móvel é mostrado ao observador; a certa altura da sua trajectória, um *flash* estático é mostrado em alinhamento espacial com o primeiro objecto, sendo o sujeito instruído a indicar o local onde o objecto móvel se encontrava no momento do *flash*. Sistemáticamente, as pessoas tendem a localizá-lo à frente da posição do *flash*, o que, na hipótese da compensação dos atrasos neuronais, denuncia

que a trajectória do objecto móvel terá sido extrapolada para diante (caso o objecto requeresse uma interacção motora, este desfasamento visual permitiria que a acção se exercesse no momento e local apropriados, compensando os atrasos na transmissão neuronal; Nijhawan, 1994). Outras propostas alternativas têm, no entanto, sido apresentadas para explicar o efeito *flash-lag*, como a da pós-dição, segundo a qual a localização do momento do flash é função dos ~80 ms subsequentes à apresentação do mesmo (e.g., Eagleman & Sejnowski, 2000; 2007), ou a de que diferentes velocidades de processamento se encontram envolvidas na percepção de objectos móveis e de objectos estáticos (cf., e.g., Krekelberg & Lappe, 2001). Entre os dados empíricos relevantes para esta discussão conta-se a descoberta de que o desfasamento espacial deixa de existir no caso em que o *flash* é coincidente com o término do movimento do alvo. Este resultado tem sido frequentemente apresentado como incompatível com a hipótese das compensações neuronais (cf. e.g., Eagleman & Sejnowski, 2000; Khurana & Nijhawan, 1995; Khurana et al., 2000; Nijhawan, 1992), mas foi recentemente considerado no âmbito dessa hipótese por Nijhawan (2008). De um modo geral, parece ser possível reconhecer no Momento Representacional uma instância de desfasamento espacial no término da trajectória de um objecto; nessa medida, tem sido interpretado por alguns autores como um mecanismo de compensação dos atrasos neuronais com vista a possibilitar a interacção eficaz com objectos móveis. Este ponto será discutido no capítulo seguinte.

2.4. Modalidades motoras de resposta e o Momento Representacional

We human observers take it for granted that one sees the environment with one's eyes. The eyes are the organs of vision just as the ears are the organs of hearing, the nose is the organ of smelling, the mouth is the organ of tasting, and the skin is the organ of touching. The eye is considered to be an instrument of the mind, or an organ of the brain. But the truth is that each eye is positioned in a head that is in turn positioned on a trunk that is positioned on legs that maintain the posture of the trunk, head, and eyes relative to the surface of support. Vision is a whole perceptual system, not a channel of sense (...). One sees the environment not with the eyes but with the eyes-in-the-head-on-the-body-resting-on-the-ground. Vision does not have a seat in the body in the way that the mind has been thought to be seated in the brain. The perceptual capacities of the organism do not lie in discrete anatomical parts of the body but lie in systems with nested functions.

(J. J. Gibson, The Ecological Approach to Visual Perception)

As implicações para o Momento Representacional da natureza “digital” aqui atribuída à percepção, no sentido que temos vindo a discutir, foram apontadas por uma série de investigadores.

As próprias concepções iniciais de Freyd (1992; 1993) sugeriam que a internalização do momento físico (tornado assim “representacional”) serviria um propósito de antecipação e suporte à interacção eficaz com um mundo governado por leis e invariantes físicos, uma ligação também referida por Hubbard (e.g., 2006).

Neste sentido, alguns estudos têm investigado as estruturas corticais envolvidas na emergência do Momento Representacional. Alguns dados preliminares sugerem que a células ganglionares da retina respondem de forma antecipatória a estímulos móveis (Berry et al., 1999) e que o núcleo

geniculado lateral recebe informações corticais descendentes que facilitam o processamento subsequente do movimento em direcções específicas (Sillito et al., 1994). Amorim et al. (2000), recorrendo a um paradigma de magnetoencefalografia associado a uma tarefa de Momento Representacional, reportaram actividade cortical na rede fronto-parietal, envolvida na memória de trabalho, bem como estruturas neurais comuns (na região centro-parietal direita) ao Momento Representacional e Rotação Mental. Por outro lado, diferentes estudos destacaram o envolvimento da área V5/MT, quer pela sua activação, medida por ressonância magnética funcional (RMf) numa tarefa de Momento Representacional (Kourtzi & Kanwisher, 2000; Senior et al., 2000), quer pela diminuição ou ausência de desfaseamento espacial após estimulação magnética transcraniana (Senior et al., 2002). Outros dados neurofisiológicos incluem relatos de envolvimento do córtex cingulado anterior (Senior et al., 2000), bem como do córtex pré-frontal (Rao et al., 2004), compatível, como realça Hubbard (2005), com a intervenção de processos de alto nível no Momento Representacional.

No que se refere a dados comportamentais, Jordan e Knoblich (2004) estudaram os efeitos do controlo concedido ao sujeito sobre o movimento do estímulo, isto é, sobre a sua direcção e velocidade (pelo uso de teclas direccionais), no Momento Representacional. O grau de controlo sobre os estímulos foi variado entre sujeitos, sendo que num grupo ambas as teclas (esquerda e direita) afectavam o movimento do alvo, ao passo que noutros grupos apenas uma das teclas o fazia. Os resultados globais mostram que à medida que o controlo sobre o estímulo aumenta a precisão de localização também aumenta ou, dito de outra forma, a magnitude do Momento Representacional diminui. Num outro estudo (Jordan et al., 2009), os sujeitos foram expostos a animações similares às usadas por Hubbard (1998) no estudo da fricção representacional, i.e., um quadrado (alvo) deslocava-se numa de três situações – em isolamento, em contacto com uma

superfície ou em contacto com duas superfícies. Alguns sujeitos possuíam controlo sobre o estímulo, enquanto outros apenas observavam passivamente o movimento produzido. As medidas de Momento Representacional revelaram que na observação passiva emergia o mesmo padrão de dados já apontado por Hubbard no âmbito da fricção representacional (diminuição da magnitude do Momento Representacional com o aumento da fricção implicada). De forma distinta, os sujeitos que possuíam controlo sobre o movimento do estímulo mostravam um padrão de maior desfasamento com maiores fricções implicadas (i.e., um padrão de sentido oposto ao resultante da observação passiva), o que foi interpretado no contexto da noção de Economia de Acção (Proffitt, 2006): situações de maior fricção deverão requerer maior energia para manutenção do movimento – este esforço adicional implícito na tarefa, no caso da observação activa (i.e., com controlo do estímulo), traduzir-se-ia assim num aumento do Momento Representacional. De um modo geral, estes investigadores têm vindo a realçar o papel dos planos de acção no desfasamento espacial, destacando o envolvimento de mecanismos de controlo motor na percepção espacial (e.g., Jordan & Knoblich, 2004; Jordan et al., 2002), em consonância com alguns dos dados expostos nos capítulos anteriores.

Não obstante, e conforme referimos já atrás, Kerzel (e.g., 2000; 2002; 2003) defendeu uma posição segundo a qual o Momento Representacional seria um sub-produto de mecanismos de baixo nível, mais concretamente dos movimentos oculares de perseguição (para uma discussão crítica das posições de Kerzel e Hubbard, cf. Kerzel, 2006 e Hubbard, 2006). A ideia original seria a de que, na altura do desaparecimento do alvo, o olho continuaria a sua trajectória (em virtude do momento da própria mecânica do olho e não de um Momento Representacional) o que, conjugado com a presença de uma imagem residual na retina, explicaria a percepção

especialmente desfasada da localização do alvo. Referimos já também como esta posição “forte” falha em explicar alguns dos resultados apresentados acerca do Momento Representacional. Em termos empíricos, constatou-se que, de facto, quando os movimentos oculares são impedidos (e.g., impondo uma fixação num ponto específico do ecrã), a magnitude do Momento Representacional é severamente diminuída (e.g., Kerzel, 2000; Kerzel et al., 2001), ainda que tal não aconteça para estímulos envolvendo movimento implícito (Kerzel, 2003) ou, no caso de movimento contínuo, para o desfasamento vertical (gravidade representacional; Kerzel et al., 2001). Por outro lado, Kerzel (e.g., Kerzel & Gegenfurtner, 2003) propôs, no sentido discutido atrás, que o Momento Representacional seria uma instância de um fenómeno comportamental associado à compensação dos intervalos neuronais. Em larga medida, esta posição advém de alguns resultados obtidos com diferentes modalidades de resposta. Kerzel (2003), usando um objecto móvel numa trajectória circular, obteve maiores magnitudes de Momento Representacional com o uso de um rato ou solicitando o toque directo no ecrã do que usando a metodologia de sondas. Por outro lado, Kerzel e Gegenfurtner (2003), para movimentos horizontais e com os movimentos oculares impedidos (fixação), obtiveram Momento Representacional quando a modalidade de resposta implicava tocar directamente no local de desaparecimento (enquanto que o uso de sondas mnésicas revelava desfasamentos consideravelmente menores). No mesmo sentido, Aschida (2004) mostrou que, na ausência de movimentos oculares e com estímulos horizontais, o Momento Representacional não seria afectado (cf. com Kerzel, 2000; Kerzel et al., 2001, referidos atrás) quando a modalidade de resposta envolvia a localização por toque directo numa condição de *loop* fechado (visão obstruída da posição da mão). Adicionalmente, Daum e Frick (2003) notaram a ausência dos efeitos típicos da Gravidade Representacional quando os sujeitos deviam tocar directamente no local de desaparecimento do alvo. Finalmente, Brouwer et

al. (2004) obtiveram resultados congruentes com uma dissociação entre o Momento Representacional visual e um equivalente motor. De forma breve, aos participantes eram mostradas duas esferas, separadas entre si ou conectadas através de um eixo (numa configuração similar a um peso de halterofilia), que se afastavam ou aproximavam desses. A tradicional medida do Momento Representacional (método da sonda) revelou um maior desfasamento mnésico na direcção do movimento para as esferas isoladas. Contudo, para uma tarefa motora (“agarrar” num ambiente virtual os estímulos apresentados) verificou-se um maior efeito das esferas conectadas na abertura máxima da mão (mais ou menos desfasada consoante, respectivamente, as esferas se aproximavam ou afastavam – equivalente motor do Momento Representacional).

Tomados no seu conjunto e combinados, adicionalmente, com os efeitos conceptuais observados no caso do uso de metodologias de sonda (Vinson & Reed, 2002), estes dados sugerem a eventual relevância para a compreensão do Momento Representacional da distinção entre percepção-para-o-reconhecimento (via visual ventral) e percepção-para-a-acção (via visual dorsal) (Milner & Goodale, 1995). Esta instanciação diferencial do fenómeno em função da modalidade de resposta utilizada, bem como o papel, ainda mal conhecido, dos movimentos oculares³¹ ou da sua modulação por planos de acção, parece assinalar, por outro lado, o carácter corporalizado do Momento Representacional.

³¹ Num certo sentido, é tentador, a partir da análise da literatura, formular a hipótese de que o Momento Representacional requer um envolvimento motor, necessário mas não suficiente, seja através da presença de movimentos oculares (e.g., no caso da metodologia de sonda mnésica), seja através da interacção directa (manual) quando os movimentos oculares estão impedidos.

CONTRIBUTOS EMPÍRICOS

3. A CINEMÁTICA, A DINÂMICA E O MOMENTO REPRESENTACIONAL

Vbi Dubium Ibi Libertas

Da revisão da literatura resulta relativamente claro que o Momento Representacional, enquanto fenómeno perceptivo, se situa numa zona de tensão entre duas concepções distintas: se, por um lado, parece envolver aspectos de alto nível, cognitivamente penetráveis (no restante da discussão, iremos referir-nos a esta concepção simplesmente como “cognitiva” ou “representacional”), por outro parece inserir-se num circuito de percepção para a acção, fundamental para a interacção bem sucedida com o mundo (de forma similar, esta concepção será abreviadamente designada como “perceptiva”).

Podemos, neste sentido, explicitar alguns dos pontos que nos parecem particularmente relevantes.

Primeiramente, os dados empíricos disponíveis acerca do Momento Representacional alimentam um espectro de concepções teóricas que se estendem desde a afirmação do seu carácter abertamente cognitivo (representacional) (e.g., efeitos conceptuais; Reed & Vinson, 1996; Vinson & Reed, 2002), a propostas que realçam a importância de variáveis de baixo-nível (e.g., movimentos oculares e o seu eventual papel na compensação de desfasamentos temporais entre a percepção e a acção;

Kerzel & Gegenfurtner, 2003). Estes dois pólos de compreensão do fenómeno tendem, por conseguinte, a privilegiar o estudo de variáveis distintas. Para além de variáveis como a velocidade e aceleração³² (Freyd & Finke, 1985; Finke, Freyd & Shyi, 1986), ou o curso temporal do MR (Freyd & Johnson, 1987), as concepções favoráveis ao envolvimento de mecanismos cognitivos de alto nível realçam variáveis como a identidade do objecto (Reed & Vinson, 1996; Vinson & Reed, 2002), a dinâmica implícita em imagens estáticas (Freyd et al., 1988; Freyd, 1983a, 1983b), o formato aerodinâmico dos objectos (Nagai & Yagi, 2001), a gravidade e a fricção representacional (Hubbard & Bharucha, 1988; Hubbard, 1995), entre outras. Já as teorizações inspiradas em mecanismos de baixo nível, por seu lado, limitam-se de forma quase exclusiva ao estudo da modulação do fenómeno pela velocidade do alvo (e.g., Kerzel & Gegenfurtner, 2003). Esta polarização da natureza das variáveis pode colocar-se em correspondência, heurísticamente, com a distinção entre variáveis cinemáticas e dinâmicas, entendidas aqui num sentido similar ao exposto por Runeson e Fryckholm (1983) – no qual, recordamos, a cinemática compreende os movimentos propriamente ditos, restringindo-se (de forma quase puramente descritiva) a conceitos como velocidade, aceleração, distância, etc., enquanto que a dinâmica compreende conceitos de natureza explicativa e, mais importante para a nossa discussão, envolvendo a noção de “força” (e.g., momento, fricção, gravidade, etc.). Do ponto de vista de um observador, a distinção adquire particular significado se notarmos que os aspectos cinemáticos são dados em si mesmos, i.e., podem ser percebidos independentemente de uma estrutura causal de forças subjacentes. Contrariamente, uma apreensão

³² Note-se que perceber uma dada aceleração é distinto de perceber alterações da velocidade. Existem dados que sugerem que observadores humanos percebem estas últimas mas não a aceleração propriamente dita (Gottsdanker, 1956; Gottsdanker et al., 1961).

de aspectos dinâmicos requer uma estrutura de significação incorporada no próprio movimento (como no caso do Princípio da Especificação Cinemática da Dinâmica) ou sugerida por dados adicionais (e.g., pela identificação do agente do movimento [natural vs causado], pelo reconhecimento das propriedades do alvo [carácter animado, peso/massa, forma, propulsão, etc.])³³. Assim, enquanto que as investigações usualmente efectuadas num contexto representacional tendem invariavelmente a procurar um efeito de variáveis dinâmicas na magnitude do MR, aquelas orientadas para o esclarecimento dos mecanismos perceptivos restringem tipicamente a gama de variáveis manipuladas à cinemática. Dito de outra forma, pode provisoriamente sugerir-se uma correspondência entre variáveis dinâmicas e a intervenção de mecanismos de processamento informativo de (mais) alto nível no MR (tese representacional) e entre variáveis cinemáticas e a predominância de mecanismos de processamento de (mais) baixo nível (tese perceptiva). Esta elaboração, note-se, não constitui um simples exercício heurístico pois, além de permitir uma reorganização da evidência relativa ao MR, suscita novas previsões empiricamente testáveis, conforme veremos nos capítulos seguintes.

Também as opções de medida do Momento Representacional, ainda que através de uma lógica diferente, parecem poder organizar-se em função duma distinção entre mecanismos “representacionais/cognitivos/de (mais) alto-nível” e mecanismos “sensorio-motores/de (mais) baixo-nível”. Com efeito, duas grandes metodologias de resposta podem distinguir-se, a saber,

³³ Como resulta óbvio, no contexto do estudo do MR a existência da cinemática é uma condição *sine qua non* da própria existência do fenómeno; assim, e a rigor, a distinção que procuramos realçar é entre cinemática e cinemática+dinâmica. Contudo, puramente por razões de simplificação, usaremos invariavelmente o termo “dinâmica” para nos referirmos à conjugação “cinemática+dinâmica” e, obviamente, por contraste com “cinemática” (por si só).

os métodos de sonda e os de localização espacial. Nos primeiros, um juízo deve ser emitido pelo observador (e.g., igual/diferente) relativamente à correspondência entre a localização espacial de uma sonda mnésica (cuja localização é manipulada pelo investigador) e o local de desaparecimento do alvo. Na segunda, o local de desaparecimento do alvo é indicado pelo próprio observador (utilizando, e.g., um cursor ou o toque directo no ecrã), o que requer, por norma (ainda que não necessariamente), um movimento motor. A título de hipótese, esta distinção pode formular-se em referência à distinção entre um circuito de percepção-para-a-acção, mobilizado pelas metodologias de localização espacial, e um circuito de percepção-para-o-reconhecimento, predominante na metodologia de sonda. Em contraste com a importância aqui sugerida desta distinção, nas abordagens “representacionais” a escolha das medidas do MR raramente é vista como relevante para a determinação dos resultados e sua interpretação (veja-se, por exemplo, a extensa produção empírica feita por Hubbard e colaboradores usando métodos de localização espacial num enquadramento declaradamente cognitivo, de alto-nível, no qual a distinção de metodologias é apenas encarada como uma opção determinada sobretudo por considerações práticas). Não obstante, alguns dados disponíveis na literatura sugerem que os efeitos no MR de algumas variáveis podem ser modulados pela escolha da metodologia de medida, dependendo de esta assumir um carácter de localização espacial directa (e.g., tocar directamente no ecrã; Daum & Frick, 2003), de localização mediada (e.g., cursor do rato; efeitos como a gravidade e fricção representacionais foram reportados com localizações mediadas) ou mesmo “não-motor” (respostas “igual/diferente” no paradigma de sonda mnésica; os chamados “efeitos conceptuais” no MR, foram evidenciados com esta modalidade de resposta). Conforme já referido, admitimos como hipótese a centralidade neste ponto da distinção entre as vias corticais de processamento visual da percepção-para-o-reconhecimento (método de sonda mnésica) e da

percepção-para-a-acção (localização directa). Recordamos aqui a nossa discussão no capítulo 2.3, no qual procurámos mostrar de que modo os estudos psicofísicos que sustentam a proposta de Milner e Goodale (1995) assentam, exactamente, na distinção entre os resultados obtidos com a utilização de juízos fenomenológicos por oposição a respostas envolvendo uma acção direccionada. Parece-nos, nesta lógica, possível distinguir operacionalmente um contínuo de envolvimento de um ou de outro circuito cortical na modalidade de resposta utilizada para a medida do MR, fazendo variar o grau em que a resposta apresenta um carácter mais directo ou mais mediado.

Na sequência do exposto, resulta surpreendente a quase total ausência de estudos sistemáticos do efeito de diferentes modalidades de resposta em tarefas de MR envolvendo variáveis cinemáticas e dinâmicas. Entre as excepções dignas de nota encontram-se o estudo de Kerzel (2003), no qual é relatado uma menor magnitude do Momento Representacional obtido com o método de sonda comparativamente ao obtido com respostas de localização (toque directo no ecrã e uso do rato), e o estudo de Daum e Frick (2003), que documenta a desapareição do efeito de Gravidade Representacional com uma resposta de localização directa (toque no ecrã). Este último estudo, em particular, sugere uma implicação importante: a de uma relativa impermeabilidade das respostas envolvendo o ciclo de percepção-acção ao efeito de variáveis dinâmicas.

Em grande medida, tanto a dispersão dos focos de interesse como a utilização não articulada de metodologias diversas, têm contribuído para a manutenção de uma certa fragmentação da literatura sobre o MR, tanto ao nível teórico como nas vertentes empíricas exploradas. A nossa discussão nos parágrafos anteriores foi motivada, em larga medida, pelo reconhecimento da necessidade de superar esta fragmentação. Contudo, sem

um quadro conceptual e operacional unificado, capaz de combinar poder analítico e flexibilidade na abordagem aos diferentes problemas identificados no actual estado da arte sobre o MR, tal superação seria, em última análise, implausível, senão impossível. Nos estudos seguintes, a Teoria da Integração da Informação (TII; Anderson, 1981; 1982) desempenha justamente esse papel unificador.

O problema da medida, da indeterminação psicofísica e a teoria da integração da informação

Em virtualmente qualquer campo de pesquisa empírica, a multideterminação dos fenómenos em estudo constitui uma questão (e uma dificuldade) central. A TII fornece em Psicologia um quadro natural para converter esta dificuldade numa vantagem, estando associada a uma teoria da medida (Medida Funcional) que inverte o sentido usual da relação da medida com a teoria substantiva. A medida é encarada com frequência como um requisito prévio à investigação empírica. Neste sentido, recolher dados substantivos num qualquer campo de pesquisa passaria por dispor *a priori* de uma medida dos fenómenos. A própria escolha da medida de “distâncias” como exemplo paradigmático do acto de mensuração tende a corporizar esta noção (cf. e.g., Krantz et al., 1971; Falmagne, 2002). Porém, uma observação atenta da história da ciência revela que raramente os problemas de medida são comparáveis ao exemplo da medida de “distâncias”; pelo contrário, é o próprio estabelecimento de regularidades empíricas que dota a medida de um sentido substantivo, tanto mais quanto a medida exprime essas mesmas regularidades. A título de exemplo, veja-se a medida da gravidade e como somente após o esclarecimento das suas regularidades empíricas por Newton foi possível adoptar (agora num sentido substantivo) a aceleração como medida do fenómeno. Este ponto é de tal forma central que merece

reiteração: as regularidades empíricas dotam a medida de sentido substantivo e não o inverso. No caso de Newton, a abordagem foi de tal forma bem sucedida que projectou em grande medida a Física tal como hoje a conhecemos. Note-se também, para continuar com o nosso exemplo, como tais regularidades empíricas emergem num contexto de multideterminação: a gravidade é proporcional à massa dos objectos e inversamente proporcional (ao quadrado) da distância entre esses. Contudo, poderia ainda dizer-se, neste exemplo concreto, que as variáveis que determinam conjuntamente a medida da gravidade possuem elas próprias uma medida que, pelo menos no caso da distância, não dependem de uma estrutura de regularidades multideterminada, mas sim de uma estrutura de concatenações (conforme discutiremos de seguida) – aliás, a distinção usual em Física entre medidas fundamentais e derivadas assenta precisamente nesta observação.

Em Psicologia, por contraste, a grande crítica à medida resultou exactamente da ausência de operações de concatenação dos fenómenos. Explicitando, no caso da medida de distâncias, concatenar refere-se à operação de usar iterativamente um qualquer padrão constante (e.g., um palmo) ao longo da distância que se pretende medir; o número de concatenações define assim a medida da distância (e.g., cinco palmos). A importância da concatenação decorre do seu isomorfismo com a operação matemática de adição; logo, a própria adição – uma operação formal – partilha das mesmas propriedades que a concatenação – uma operação empírica (e.g., concatenar cinco palmos equivale a adicionar cinco vezes o número atribuído, de forma mais ou menos arbitrária, ao palmo [e.g., 1]). Dado que em Psicologia não existem operações de concatenação (ou, a existirem, não são directamente acessíveis), a medida não seria aqui possível (Krantz et al., 1971; Michell, 1990; Falmagne, 2002). O pressuposto é o de que a concatenação, além de suficiente, é necessária para

a existência de medida. Este argumento tem sido criticado tanto em termos formais (e.g., Krantz et al., 1971) como teórico-empíricos (Anderson, 1981; 1982). Neste último caso, o principal argumento relaciona-se particularmente com a questão da indeterminação psicofísica. Estabelecida por Fechner em 1860, a Psicofísica constituiu-se como um dos principais ramos da Psicologia Experimental, tendo como propósito o estabelecimento das relações matemáticas entre as intensidades dos estímulos físicos e as magnitudes sensoriais (Lei Psicofísica). Este problema concreto acabou por extravasar para fora do seu âmbito específico para se assumir como a questão da medida no estudo dos processos básicos em geral. Senão, vejamos (ver Figura 3; painel A): dado um qualquer estímulo físico, assume-se que a intensidade (E) deste se repercute, de alguma forma, sobre o sistema perceptivo-cognitivo do sujeito (Lei Psicofísica), resultando numa sensação (S); obviamente, esta última não é acessível à observação directa, mas apenas inferível por uma resposta observável (R), que tenha uma relação com essa (Lei Psicomotora). Tradicionalmente, a procura de uma Lei Psicofísica tem assentado, empiricamente, nas relações entre E e R . A validade desta solução depende, contudo, da existência de uma Lei Psicomotora linear, o que, numa situação unidimensional não pode ser determinado (Problema da Indeterminação Psicofísica). Não obstante, numa situação experimental multideterminada (ver Figura 3; painel B), a Lei Psicomotora traduz uma sensação global, ela própria resultado da integração (Lei Psicológica) dos estímulos, situação na qual, dados critérios apropriados, a sua linearidade pode ser determinada.

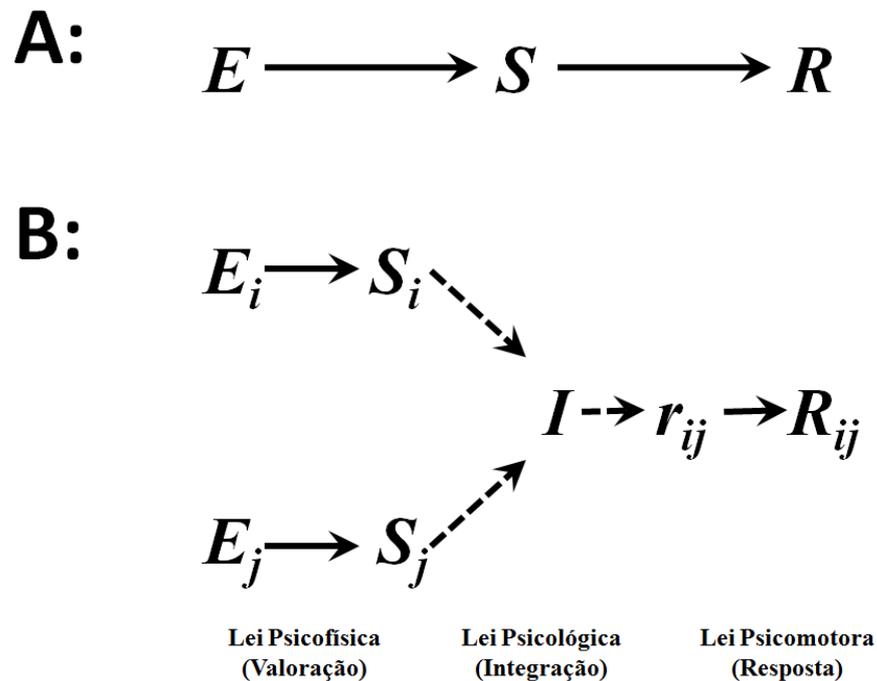


Figura 3 – Painel A: Ilustração de uma situação psicofísica unidimensional – a intensidade de um estímulo físico (E) é traduzida numa sensação (S) que, por sua vez, determina uma resposta observável (R); a emergência da Lei Psicofísica depende da linearidade da função que relaciona S e R . Painel B: Ilustração de uma situação psicofísica multideterminada – a intensidade dos estímulos é valorada pelos sujeitos (Lei Psicofísica) resultando em representações internas da sua magnitude; estas são integradas numa sensação global cujo resultado é traduzido numa resposta observável; a determinação da Lei Psicológica (Integração) suporta a existência de uma escala de resposta linear.

Assim, no âmbito da TII, e assumindo à partida que as respostas observáveis de um participante traduzem linearmente (i.e., sem distorções) os fenómenos não observáveis que se pretendem estudar (linearidade da resposta; retomaremos este ponto mais abaixo), a multideterminação pode ser usada vantajosamente para criar um contexto de integração. Dito de outra forma, apresentando ao participante uma configuração

multidimensional de estímulos que deverão (por exigência da própria tarefa) ser integrados e traduzidos numa única dimensão de resposta contínua, a própria estrutura da integração é tornada acessível no padrão dos dados. Mais do que isso, a resposta a uma tal situação experimental implica logicamente a utilização de uma “métrica” por parte do participante, que pode ser derivada da regra de integração para quantificar funcionalmente os estímulos (tipicamente, ao nível de intervalo).

Para tal, somente a lógica factorial da ANOVA é necessária: um paralelismo observado e confirmado pela ausência de interações estatísticas assinala uma integração aditiva (cf., teorema do paralelismo; Anderson, 1981; 1982); por outro lado, um padrão em forma de leque-linear (no qual a inspecção visual do gráfico factorial revela uma divergência progressiva das linhas) constitui a assinatura de uma integração multiplicativa (cf. teorema do leque linear; Anderson, 1981; 1982)³⁴. Obviamente, com mais que dois factores a lógica é a mesma, sendo possível obter qualquer combinação de regras de integração. Mais importante, os padrões de integração dotam a dimensão de resposta de sentido substantivo e, logo, permitem o uso desta como medida. Assim, é possível verificar que as médias marginais (média das respostas de cada nível de um factor através dos níveis do outro) fornecem uma medida intervalar (i.e., em que os intervalos numéricos são isomórficos aos intervalos de magnitude do fenómeno).

³⁴ Deixamos de lado nesta discussão o padrão de média. Ainda que seja, a rigor, uma derivação do padrão aditivo, a sua importância ultrapassa este último – em primeiro lugar, parece constituir na cognição humana uma regra “por defeito”; por outro lado, com um *design* adequado, possibilita uma extracção de pesos (numa escala de razão) atribuídos aos factores, o que por si só representa um avanço considerável na resposta a muitos dos problemas que têm alimentado a investigação em Psicologia. Assim, se somente a referimos brevemente nesta nota de rodapé é porque a mesma não irá assumir nenhum papel nos contributos empíricos.

Porém, todo este raciocínio é contingente à assunção que fizemos atrás, a saber, que a dimensão de resposta é linear em relação ao fenómeno sob estudo. Na lógica da TII (cf. teoremas; Anderson, 1981; 1982), a própria emergência de padrões de integração fornece uma indicação da linearidade da escala usada como resposta. Porém, mais interessante para a investigação científica é que, em última análise, a linearidade da escala adoptada (e.g., escala visuo-analógica) depende não só de uma rede nomotética de investigações em diferentes domínios (ver, e.g., Anderson, 1991; 1996; Weiss, 2006; Masin & Vidotto, 2007; Hojmans, 2010), mas também de considerações empíricas, felizmente controláveis pelo investigador (por exemplo, escolha das âncoras, carácter contínuo da resposta, valor ecológico e do propósito da própria dimensão adoptada, etc.; cf. Anderson, 1982)³⁵.

O recurso à TII para o esclarecimento da multideterminação do Momento Representacional e para a validação de MR como escala de resposta linear surge pois como promissor, constituindo o quadro operativo e metodológico da quase totalidade da secção empírica da presente dissertação.

Breve nota acerca da nomenclatura adoptada

Devido à sua carga teórica, o termo Momento Representacional (*MomRep*; *MR*; *Representational Momentum*; *RepMo*) que, para além de designar um erro na direcção do movimento, convoca a ideia de um "análogo interno" de

³⁵ Neste contexto, violações da linearidade da escala de resposta emergem, em si mesmos, como contributos importantes. Veja-se, a título de exemplo, a oposição entre estimações de magnitude (que parecem violar a linearidade) e escalas visuo-analógicas (que preservam a linearidade) (e.g., Anderson, 1996).

uma propriedade física (o momento), tem sido substituído, sob proposta de alguns autores (e.g., Hubbard, 2005), por expressões mais neutras e descritivas, como as de “desfasamento mnésico na direcção do movimento” (*forward displacement in memory*; frequentemente abreviado para FD), “desfasamento espacial”, “erro de localização”, “desfasamento M” (*M-displacement*; quando o erro ocorre na direcção do movimento e por oposição a “desfasamento O”; *O-Displacement*; quando o erro ocorre na direcção ortogonal ao movimento – especialmente usado na medida da Gravidade Representacional), entre outros. Na presente dissertação, apesar de reconhecermos o interesse, em diferentes circunstâncias, da opção por um termo mais neutro, aquelas expressões (exceptuando a de “desfasamento O”), serão tomadas, no essencial, como sinónimas e usadas de forma intermutável. De resto, somente o desfasamento na direcção do movimento (portanto, Desfasamento M; Momento Representacional propriamente dito) será considerado na totalidade das experiências, i.e., a diferença aritmética na métrica espacial entre um ponto indicado pelo participante e o local de desaparecimento do alvo.

4. DETERMINANTES CINEMÁTICOS DO MOMENTO REPRESENTACIONAL

4.1. Efeitos da velocidade no Momento Representacional

Os efeitos da velocidade no Momento Representacional são, provavelmente, os melhores documentados na literatura (e.g., Freyd & Finke, 1985; Finke, Freyd & Shyi, 1986; Kerzel & Gegenfurtner, 2003). Não obstante, a interpretação do Momento Representacional como um mecanismo de compensação dos atrasos neuronais (envolvendo, portanto, um desfasamento temporal) da percepção relativamente às exigências da acção (Nijhawan, 1994; 2008), especialmente realçada por Kerzel e Gegenfurtner (2003), suscitou um novo conjunto de questões sobre a relação entre a velocidade do alvo e a magnitude do erro de localização espacial associado ao Momento Representacional.

Com o objectivo de esclarecer a natureza (temporal ou espacial) e as características (funcionamento constante ou variável) do mecanismo de compensação postulado, Kerzel e Gegenfurtner (*ibidem*) propuseram, com base em trabalhos anteriores de Nijhawan acerca do efeito *flash-lag* (1994), o seguinte índice para a quantificação do erro temporal:

$$t = \frac{D}{V} \quad (1)$$

Neste quociente, D refere-se ao erro espacial (dado pelo Momento Representacional), V à velocidade do alvo e t ao erro temporal, i.e., à magnitude temporal da compensação. Dado que tanto V como D são conhecidos (o primeiro porque é manipulado pelo investigador, o segundo porque é medido directamente na experiência), o índice pode ser aplicado em qualquer ponto da função, i.e., a qualquer nível escolhido na manipulação da velocidade do alvo. A lógica subjacente ao índice é relativamente directa: se um alvo percorre uma distância x em determinado intervalo temporal (isto é sabido pela própria manipulação da velocidade), então deverá percorrer D no tempo t . A simplicidade deste índice contrasta, contudo, com o peso dos pressupostos que lhe subjazem. Em primeiro lugar, enquanto que a velocidade física do alvo (V) é controlável e, de resto, determinada exclusivamente pelo investigador, a velocidade percebida e especialmente a velocidade com base na qual a extrapolação é efectuada pelo observador após o desaparecimento do alvo (chamemos-lhe V'), não são, por definição, conhecidas. O índice fornece indicações correctas na medida em que V' seja igual em magnitude a V (a generalidade dos dados existentes na literatura psicofísica apontam em sentido contrário; cf. e.g., Scialfa et al., 1991; Stevens, 1975) – *Pressuposto Psicofísico*. Como deverá ser por demais óbvio, sustentar este pressuposto resume-se a considerações teóricas (no limite, sem substrato empírico), esvaziando de valor substantivo qualquer resultado obtido pelo índice.

Por outro lado, a própria regra formal a partir da qual é derivado o índice (vulgarmente conhecida como “regra de três simples”) não é destituída de assunções. Por um lado, sendo baseado num quociente, o índice requer que tanto a medida de V como de D partilhem um zero comum (i.e., não só devem ambas constituir medidas de razão, na nomenclatura de Stevens, 1946, como quando V é nulo [=0], também o deverá ser D ; ou, dito ainda de outra forma, a função que relaciona as duas magnitudes deve intersectar a

ordenada na origem $[0; 0]$). Por outro lado, a relação entre V e D deverá ser linear. Para verificar isto, note-se que o índice assume proporcionalidades directas: a relação entre a distância e o tempo, inscrita na própria definição de velocidade, deve manter-se constante, de tal forma que dado um se deduza o outro e vice-versa – no seu conjunto, estas considerações constituem o Pressuposto da Proporcionalidade Directa.

Declarados estes dois pressupostos (Psicofísico e Proporcionalidade Directa), o índice proposto por Kerzel e Gegenfurtner pode então ser interpretado de forma distinta. Antes de mais, recordemos que o índice, tal como apresentado, só pode ser aplicado pontualmente a cada combinação de velocidade e respectivo desfasamento espacial – o resultado é que a solução pontual não capta necessariamente a globalidade da função, excepto, note-se, se os pressupostos que explicitámos forem suportados. No caso do estudo de Kerzel e Gegenfurtner, no qual a velocidade era manipulada através de três níveis (em si mesmo, um constrangimento para a determinação da função psicofísica), o resultado do índice decrescia com aumentos da velocidade, conclusão discutida amplamente pelos autores. A validade destes resultados é moderada, conforme tentámos demonstrar, pelos pressupostos (nunca analisados pelos autores). Assim, suponhamos, à partida, que os pressupostos são válidos: o índice indicaria desse modo o declive da função linear (Pressuposto da Proporcionalidade Directa) que relaciona velocidade e desfasamento³⁶; obviamente, o declive de uma função linear é constante (pode ser recuperado usando virtualmente qualquer ponto da função) – temos pois que, formalmente, os resultados

³⁶ De forma inversa, quando se pretende calcular o declive de uma função linear, um análogo formal do índice que temos vindo a discutir é por norma usado.

obtidos por Kerzel e Gegenfurtner parecem desprovidos de sentido³⁷. Não obstante, o declive da função observada constitui, em si mesmo, um índice do intervalo temporal da extrapolação, uma conclusão que depende criticamente de reconhecer na função V vs D uma função psicofísica, que designaremos por f . Posto isto, e reconhecendo o estatuto psicofísico de f (i.e., em que a velocidade percebida tem um estatuto latente e, acima de tudo, ou antes, por isso mesmo, se reconhece o carácter “subjectivo” dos valores de D), o próprio pressuposto de Proporcionalidade Directa pode ser flexibilizado (uma função psicofísica não tem qualquer constrangimento lógico de linearidade ou mesmo de intersecção da origem), retendo no entanto a ideia de “declive” como índice da extrapolação temporal.

O declive de uma função é dado invariavelmente pela derivada de primeira ordem dessa mesma função, sendo que o quociente expresso no índice proposto por Kerzel e Gegenfurtner representa tão-somente o caso particular em que se verifica a proporcionalidade directa ou, equivalentemente, a linearidade da função e intersecção na origem.

Formalmente, a derivada de uma função (neste caso concretizada na função psicofísica sob discussão) é dada por:

³⁷ Na realidade, é fácil demonstrar que os diferentes valores obtidos traduzem trivialmente os declives das rectas que cruzam a origem (0;0) e o ponto em questão; dado que a própria função D vs V não cruza a origem, esses são declives virtuais que não existem empiricamente mas tão-somente enquanto abstracção matemática. Veja-se, por exemplo, o caso extremo em que a Velocidade não tem qualquer efeito sobre a magnitude do desfasamento (ausência de efeitos significativos) – a função seria assim constante e, graficamente, paralela ao eixo dos xx ; porém, uma aplicação do índice em quaisquer pontos da função revelaria também um decréscimo do valor de t com subidas da velocidade, o que por si só seria paradoxal dada a ausência de efeitos. Neste caso extremo, não é sequer necessária uma abordagem formal para concluir que a extrapolação temporal seria necessariamente nula (=0) (mas seria indicação de uma extrapolação espacial constante).

$$t = f'(V) = \frac{dD}{dV} \quad (2)$$

Brevemente, esta refere-se à variação de desfasamento (dD) contingente à variação de velocidade (dV). Mais intuitivamente, esta refere-se à “velocidade” a que varia o desfasamento com variações da variável da abcissa (neste caso, *velocidade do alvo*), e traduz-se nas variações no declive das rectas tangentes a cada ponto. No caso de uma função linear, a recta tangente a cada ponto é constante (sobrepõe-se à própria função) – este será o caso coberto pelo índice de Kerzel e Gegenfurtner. No caso de outras funções psicofísicas, a derivada terá soluções distintas, não captadas pelo índice.

Que a função derivada resulta em unidades temporais, correspondentes à compensação temporal, pode ser demonstrado brevemente com recurso à análise dimensional – esta, usual em Física, constitui uma ferramenta através da qual, se averigua que dimensões ou unidades de medida (ou as relações entre estas) estão em jogo numa equação:

$$f'(V) = \frac{dD}{dV} = \frac{\Delta[\delta]}{\Delta[\delta]/\Delta[\tau]} = \frac{[\delta]}{[\delta]/[\tau]} = [\tau] \quad (3)$$

Aqui, e para além da notação usada anteriormente, $[\delta]$ corresponde a unidades de distância e $[\tau]$ a unidades de tempo. Note-se que substituindo as variáveis pelas suas correspondentes unidades de medida (em que a velocidade, no denominador, é dada pelo quociente entre unidades de distância e unidades de tempo) e simplificando, obtêm-se unidades de tempo ($[\tau]$). Em suma, numa qualquer função psicofísica em que o desfasamento varia concomitantemente à velocidade do alvo, a derivada de primeira ordem fornece invariavelmente uma medida da extrapolação temporal.

A questão original de determinar se a extrapolação é feita com base num tempo constante ou variável, resume-se assim às propriedades (constante ou variável) da derivada da função psicofísica, as quais, por sua vez, são determinadas em exclusivo pela própria função psicofísica: se esta for linear, a extrapolação temporal é constante (pois assim o é o declive); se esta for não linear, a extrapolação é variável³⁸.

O presente estudo procura, pois, averiguar estes pontos. Uma resposta preliminar seria possível se observarmos que a variação do desfasamento tem sido relatada como linear em função da velocidade (e.g., Finke, Freyd & Shyi, 1986; Kerzel & Gegenfurtner, 2003) – logo, a extrapolação deverá ser baseada num tempo constante (de resto, considerações acerca do efeito *flash-lag*, apontam nesse sentido; e.g., Nijhawan, 1994). Porém, em última análise, a validade desses dados depende da linearidade do próprio desfasamento, enquanto escala de resposta, em relação à extrapolação mental, a qual não está estabelecida na literatura acerca do Momento Representacional (excepto por assunção teórico-conceptual). A metodologia da TII (Anderson, 1981; 1982) assume, assim, um papel central nesta problemática.

³⁸ Poderíamos acrescentar que o perfil de não linearidade determina o sentido da variação da extrapolação temporal. Assim, por exemplo, uma função psicofísica negativamente acelerada determinaria tempos de extrapolação decrescentes com a velocidade do alvo (o resultado discutido por Kerzel & Gegenfurtner, 2003); o inverso seria válido para uma função positivamente acelerada. No limite, poderíamos ter uma função psicofísica que alternaria entre o positivamente e negativamente acelerado, caso em que os tempos de extrapolação variariam, respectivamente, de forma crescente ou decrescente.

Método

Participantes. Vinte estudantes da licenciatura de Psicologia (19 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra voluntariaram-se para a experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e eram ingénuos acerca dos objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato .avi a 40 fps (frames por segundo), que mostravam um quadrado negro com 30 *pixéis* de lado a viajar a velocidades constantes de 180, 240, 300, 360, 420, 480 ou 540 px/s (*pixéis* por segundo). Cada quadrado (alvo) emergia do extremo esquerdo ou direito do ecrã, desaparecendo subitamente após cobrir uma distância total de 536, 593 ou 650 *pixéis*. Todas as animações foram criadas com o software *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*.

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de 7 (Velocidade) \times 3 (Distância) \times 2 (Direcção do movimento), de medidas repetidas e com 6 replicações. Os participantes sentavam-se a cerca de 60 cm do ecrã, sem restrições de movimentos oculares ou de cabeça, mas instruídos a manterem uma postura estável e constante ao longo da experiência (o seguimento das instruções foi monitorizado por observação informal). Os participantes eram instruídos a observar atentamente o movimento dos quadrados e, quando estes desaparecessem, a indicar, o mais precisamente possível, o local onde o alvo havia sido visto pela última vez (i.e., o seu local de desaparecimento), usando ou o rato ou o ponteiro, consoante a condição. Alguns ensaios de treino antecederam a experiência propriamente dita, de forma a garantir a compreensão da tarefa. A experiência foi implementada no ambiente *Super Lab 4.0*, que geriu a apresentação dos estímulos, a recolha das respostas e a aleatorização dos ensaios. Os estímulos foram apresentados num computador pessoal equipado com um ecrã LCD táctil, com uma taxa de refrescamento de 120

Hz e resolução de ecrã de 1024×768 pixéis. Metade dos participantes fornecia as suas respostas usando um rato sem fios com o qual controlava um cursor em forma de cruz (+) mostrado no ecrã (condição rato); a outra metade tocava directamente no ecrã usando um ponteiro (condição ponteiro).

Resultados

Na Figura 4 são mostrados os gráficos factoriais Velocidade \times Distância para ambas as condições – rato (painel A) e ponteiro (painel C). É visível uma tendência para um maior desfasamento espacial (Momento Representacional) para maiores velocidades (declive positivo das linhas) bem como um decréscimo do desfasamento para maiores distâncias (separação vertical das linhas). Adicionalmente, verifica-se um padrão global no qual as linhas tendem a divergir entre si (dado pelo aumento da sua dispersão vertical) em função do parâmetro da abcissa. No contexto da TII este padrão gráfico, designado usualmente por “leque-linear”, constitui um indicador de uma regra de integração multiplicativa entre os factores (cf. teorema do leque-linear, Anderson, 1981). Note-se, no parâmetro de linhas, que maiores distâncias resultam num desfasamento espacial menor. Esta relação inversa especifica que a integração multiplicativa congrega não a distância propriamente dita mas o seu inverso ($1/\text{Distância}$). Logo, é-nos possível concluir que o padrão de resultados sustenta uma operação de divisão entre Velocidade e Distância.

Determinantes Cinemáticos do Momento Representacional

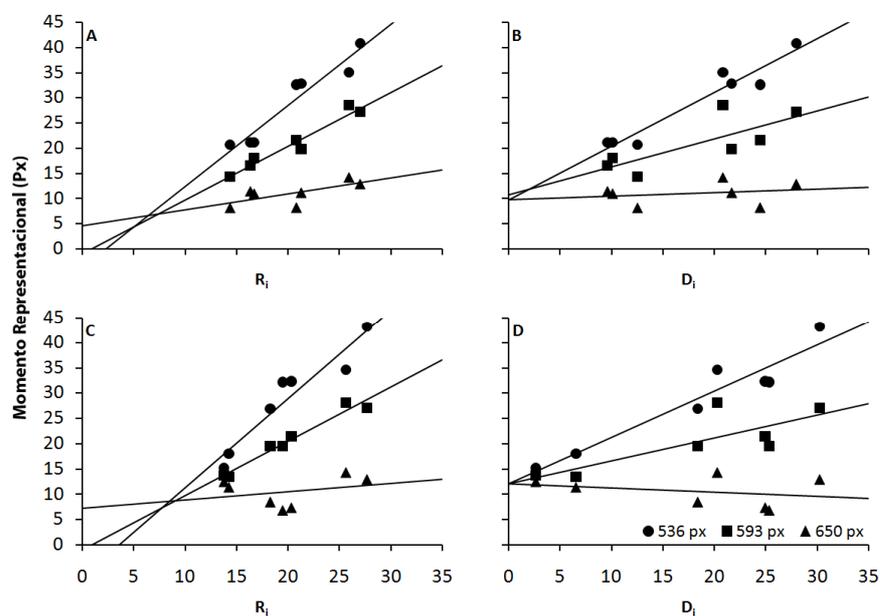


Figura 4 – Gráficos factoriais da condição rato (painéis A e B) e ponteiro (C e D). As coordenadas horizontais correspondem aos valores funcionais dos níveis de Velocidade, dados pelas médias marginais (painéis A e C) e pela diferença entre as médias marginais com maior e menor valor (erro relativo mínimo) (painéis B e D).

Em consonância com a inspeção visual, a análise estatística³⁹, efectuada com uma ANOVA mista (com a modalidade de resposta como variável entre-sujeitos), indicou efeitos significativos principais para a variável Velocidade, $F(2.921, 52.576) = 26.394$, $p < 0.01$, e Distância, $F(1.636, 29.44) = 92.697$, $p < 0.01$, bem como uma interacção significativa entre ambas, $F(12, 216) = 9.86$, $p < 0.01$. Mais nenhum efeito atingiu a

³⁹ Em toda a parte empírica, nos casos em que se verificou uma violação do pressuposto da esfericidade, usou-se a correção Greenhouse-Geisser para os graus de liberdade.

significância estatística, excluindo uma modulação destes efeitos pela variável de resposta.

Conforme referido, os resultados são compatíveis com um padrão de integração divisivo – sugerido tanto pela inspeção visual como pela marca estatística, dada pela interacção significativa, dos modelos multiplicativos, reforçado pelo facto de somente o componente linear-linear da interacção atingir significância estatística (rato: ($F(1, 9) = 23.01, p < 0.01$); ponteiro ($F(1, 9) = 65.3, p < 0.01$)).

A presença de uma integração divisiva foi adicionalmente testada usando o programa CALSTAT (Weiss, 2006). Este possibilita, entre outras ferramentas de análise estatística, um teste robusto especificamente concebido para padrões multiplicativos, no âmbito da TII. De forma breve, num modelo multiplicativo, e para além do padrão gráfico (interpretável por inspeção visual) conjugado com os indicadores estatísticos associados (i.e., interacção estatisticamente significativa concentrada no componente linear-linear), os resíduos (diferença entre os valores preditos pelo modelo e os fornecidos pelas respostas dos participantes) não deverão possuir quaisquer efeitos significativos (os quais, portanto, seriam efeitos não captados pelo modelo de integração). Dado que os resíduos resultam de diferenças sobre os dados brutos, possuem uma estrutura factorial similar a esses últimos – portanto, o teste dos resíduos consiste tão-somente numa ANOVA com uma estrutura igual àquela usada sobre os dados brutos. No nosso caso, nenhum efeito significativo foi encontrado nos resíduos ($F < 1$) para ambas as condições.

Na sequência de alguns trabalhos prévios de Anderson (1982), Masin (2004) derivou formalmente algumas previsões dos modelos multiplicativos, referentes às relações entre o parâmetro c_0 (uma constante da função linear que relaciona uma magnitude psicológica não observável e a resposta

observável – Lei Psicomotora) com as medidas intervalares (médias marginais do plano factorial: \bar{R}_i, \bar{R}_j) dos estímulos, bem como com as medidas de razão dos mesmos, dadas pelas diferenças de erro relativo mínimo (estas são obtidas pelas diferenças aritméticas entre os maiores e menores valores dos níveis de um factor para cada nível do outro factor; dito de outra forma, dadas por $D_i = |R_{1i} - R_{li}|$ e $D_j = |R_{1j} - R_{lj}|$) (para detalhes da derivação matemática cf. Masin, 2004). Posto isto, é possível mostrar que (i) se o valor da ordenada na origem para cada um dos níveis dos factores (quando estes são representados em função das médias marginais: \bar{R}_i, \bar{R}_j ; graficamente, a intersecção entre cada uma das linhas com o eixo vertical, yy) for crescente, o parâmetro c_0 é negativo e vice-versa (no nosso caso, estando perante um padrão no qual um dos factores possui uma relação inversa com a escala de resposta, esta previsão refere-se não ao crescimento do factor mas sim ao seu inverso [$1/\text{Distância}$]); (ii) quando, por sua vez, os dados são considerados em função dos erros relativos mínimos, as intersecções das linhas com o eixo das coordenadas deverão ser uma constante – estimativa de c_0 que, portanto, será invariante. Com efeito, sendo que um modelo multiplicativo é composto por uma regra de integração

$$r_{ij} = S_i S_j \quad (4)$$

e uma função psicomotora linear,

$$R_{ij} = c_0 + c_1 r_{ij}, \quad (5)$$

substituindo os termos apropriados quando se consideram as diferenças de erro relativo mínimo, temos que

$$R_{ij} = c_0 + \frac{c_1}{(c_1 |S_1 - S_j|)(c_1 |S_1 - S_l|)} D_i D_j \quad (6)$$

O importante a notar neste passo é que o parâmetro c_0 constitui uma constante aditiva cujo valor não varia em função dos restantes parâmetros.

Todas as previsões foram observadas nos dados, conforme pode ser constatado no painel B (rato) e D (ponteiro) – notar, essencialmente, a convergência das linhas num único ponto, a estimativa empírica de c_0 . A invariância deste foi, adicionalmente, testada estatisticamente após a sua estimação numa base individual, usando como parâmetro tanto as medidas D para a Velocidade (7 níveis) como para a Distância (3 níveis), resultando num total de 10 estimativas independentes de c_0 ⁴⁰. Uma ANOVA mista (com a modalidade de resposta como variável entre-sujeitos) efectuada sobre estas estimativas não revelou nenhum efeito significativo, suportando a invariância de c_0 .

O modelo multiplicativo envolve uma operação linear de tradução da avaliação interna numa resposta observável (equação 5; Lei Psicomotora). Com excepção do caso em que a constante $c_0 = 0$, as médias marginais não

⁴⁰ De forma a clarificar a obtenção destas, considere-se o seguinte quadro exemplificativo:

Velocidade	180	240	300	360	420	480	540	Médias Marginais	D_i
Distância									
536	43.32	40.80	43.43	56.00	53.02	58.05	63.03	51.09	19.72
593	36.50	40.90	42.05	44.28	44.88	53.50	51.38	44.79	14.88
650	34.32	35.62	38.52	35.12	38.90	39.72	37.82	37.15	3.53
Médias Marginais	38.04	39.11	41.33	45.13	45.60	50.42	50.76		
D_i	9.00	5.18	4.92	20.88	14.12	18.33	25.18		

Neste, é possível obter, para cada nível de Velocidade e Distância uma diferença de erro relativo mínimo (e.g., na coluna correspondente a 180 px/s, a diferença entre o valor 43.32 [correspondente à distância de 536 px] e 34.32 [distância de 650] resulta em 9 [D]). Usando como abcissa os 7 valores de D obtidos para os 7 níveis de Velocidade e como ordenada os valores do desfasamento na direcção do movimento correspondente, é possível obter 7 valores de intersecção na origem da recta de melhor ajuste – c_0 . O mesmo pode ser computado para os três níveis de Distância, resultando num total de 10 estimativas de c_0 (7+3).

correspondem assim a uma escala de razão, com um zero absoluto. Em particular, no caso de uma divisão, as médias marginais não correspondem a 1/valor funcional quando $c_0 \neq 0$, pelo que o seu inverso não constitui uma estimativa legítima do valor funcional dos estímulos. No entanto, a possibilidade de estimar c_0 abre caminho à obtenção de uma medida de razão de ambos os factores. Com efeito, se às respostas dos participantes (descritas pela equação 5) for subtraído do valor de c_0 , o resultado é uma escala directamente proporcional ao resultado da integração:

$$R_{ij} - c_0 = c_1 r_{ij} \quad (7)$$

Dito de outra forma, torna-se possível a obtenção de uma medida de razão (na qual as razões e proporções são invariantes e o valor de 0 é conhecido).

Na Figura 5 podem ser observadas as funções psicofísicas dos desfasamentos obtidos pelo uso do rato (círculos fechados) e ponteiro (círculos abertos), obtidas através da medida funcional (após subtracção de c_0), em função da velocidade do alvo. É óbvia a linearidade das funções, a qual foi adicionalmente testada por regressões lineares. As ANOVAs associadas às duas regressões revelaram um ajuste significativo do modelo linear em ambas as condições – rato: $F(1, 5) = 89.346$, $p < 0.01$; ponteiro: $F(1, 5) = 103.216$, $p < 0.01$ – com declive e intersecções com o eixo das ordenadas diferentes de 0 ($p < 0.01$).

Em concordância com a discussão na introdução, a linearidade das funções psicofísicas denuncia a presença de um mecanismo de extrapolação baseado numa constante temporal. Porém, e dado o padrão divisivo, esta constante não pode ser determinada em unidades conhecidas: note-se, como ilustração, que para cada nível do factor distância está associado um declive distinto; os declives das funções psicofísicas, sendo calculados por recurso às médias marginais, constituem, a rigor, uma média dos declives de cada

um dos níveis da variável Distância e, logo, será contingente à escolha arbitrária desses. Não obstante, os constrangimentos à natureza constante ou variável da extrapolação temporal não dependem deste facto; de igual forma, uma comparação entre as modalidades é permitida (dada a equivalência tanto do *design* como dos estímulos, as estimativas temporais encontram-se na mesma escala para as duas modalidades, ainda que as unidades desta em termos métricos [e.g., segundos, décimas/centésimas de segundo, milissegundos, etc.] não seja conhecida).

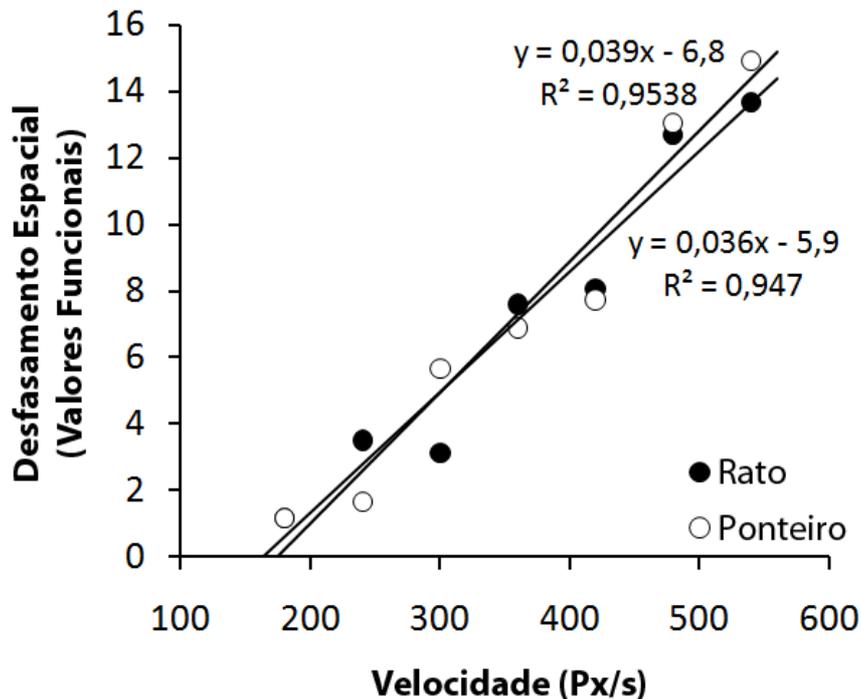


Figura 5 – Funções psicofísicas da velocidade (valores funcionais) para as condições rato (círculos pretos) e ponteiro (círculos brancos).

Na Figura 6 encontram-se representados os valores médios dos declives das funções individuais. Um teste *t* para amostras independentes não revelou a existência de diferenças significativas entre os declives obtidos com o uso do rato e do ponteiro ($p > 0.7$), sugerindo, portanto, um valor temporal da extrapolação constante e igual para ambas as modalidades.

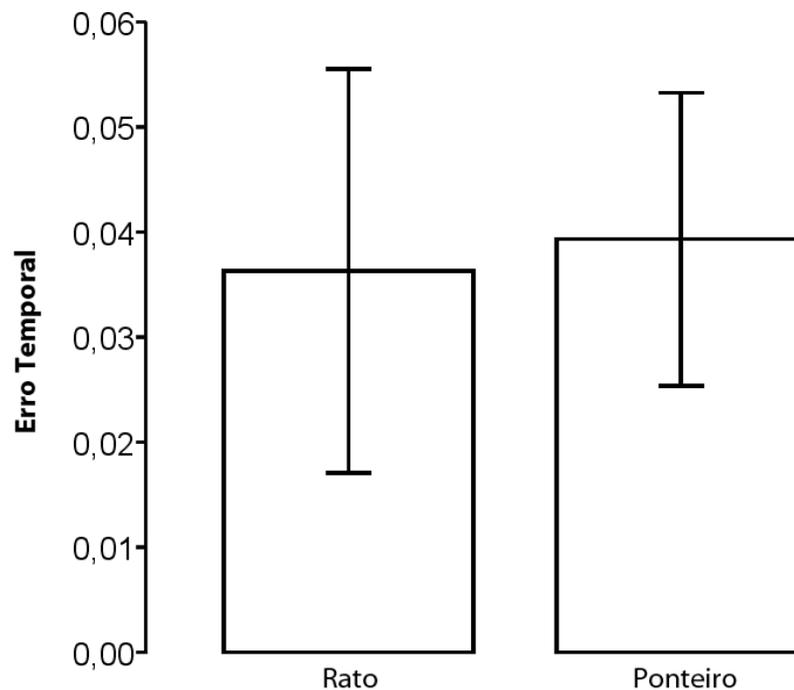


Figura 6 – Distribuição dos declives individuais para a condição rato e ponteiro.

Discussão

Os dados apresentados revelam, em primeiro lugar, a linearidade do Momento Representacional enquanto modalidade de resposta. Dado que a

maioria dos estudos com inspiração na TII emprega como variável de resposta juízos de magnitude, expressos através de escalas numéricas ou gráficas, a demonstração da linearidade de uma resposta visuo-motora de localização contribui para a generalidade de uma metodologia de resposta linear. Este ponto merece destaque pois, como referido por Anderson (1982), o uso de uma escala visuo-analógica numérica pode ter implícitos mecanismos motores⁴¹. A ser esse o caso, as respostas de localização espacial, pelo seu próprio carácter motor, podem constituir um primado métrico fundamentado ontologicamente (i.e., mais próximas da origem da métrica psicológica que sustenta o uso de uma escala visuo-analógica) – a própria linearidade destas respostas coloca, de imediato, o fenómeno do MR num contexto de cognição/percepção situada/corporalizada.

Pelo estabelecimento da linearidade da resposta, os resultados suportam uma álgebra de integração de tipo divisivo entre a velocidade e a distância, resultando no desfaseamento espacial. É assim possível determinar, numa escala de razão, a função psicofísica para a velocidade, a qual se revelou linear com um declive positivo, igual entre as duas modalidades. Dada a nossa discussão inicial, este dado permite constranger certas características da hipotética extrapolação compensatória dos atrasos neuronais. A saber, tal mecanismo deverá basear-se numa constante temporal, independente da velocidade do alvo, contrariamente ao proposto por Kerzel e Gegenfurtner (2003).

Nos resultados apresentados não emergiu qualquer diferença entre o uso do rato ou do ponteiro, sugerindo que aquando da execução da resposta a

⁴¹ Nas palavras de Anderson (1982, p. 7), “*Indeed, such work has suggested that the rating response reflects the operation of a general metric sense, an internalized length scale that develops from reaching movements and other activity in the (...) local space.*”

extrapolação já estaria determinada, pelo que a mesma deverá ocorrer pelo menos até ao planeamento motor, independentemente do carácter directo (ponteiro) ou mediado (rato) desse⁴². Estes dados sugerem que a extrapolação não estava em curso durante a execução da resposta motora.

Finalmente, a existência de um efeito divisivo da distância, ainda que constituindo uma mais-valia para a extracção de uma medida de razão (dependente do estabelecimento de uma regra de integração de tipo multiplicativo), contraria, na verdade, alguns dos resultados presentes na literatura. Efectivamente, Hubbard et al. (2001) propuseram que os efeitos (ou ausência destes) das distâncias percorridas por alvos constituiriam um indicador relacionado com a física implícita, do tipo ímpeto, alegadamente na base do próprio MR. Assim, um objecto lançado por um agente (e.g., num contexto colisional), ao não ser autónomo (pois a “motricidade” ser-lhe-ia transmitida pelo “lançador”), deveria perder “ímpeto” ao longo da distância percorrida – neste caso, o MR deveria, portanto, diminuir com essa. Por outro lado, um objecto cujo movimento não fosse associado a um “agente” (por hipótese, um alvo isolado em movimento) seria, por defeito, considerado autónomo (i.e., com propulsão própria) e, logo, não perderia ímpeto ao longo do seu trajecto – o MR não seria modulado pela distância percorrida. No nosso caso, um alvo isolado mostrou uma modulação da magnitude do MR pela distância percorrida. Em si mesmo, este resultado coloca em dúvida a interpretação de Hubbard e colaboradores. Porém, tanto no nosso caso como nas experiências de Hubbard, o termo “distância” tem

⁴² Não obstante os necessariamente distintos tempos de reacção (TR) envolvidos nestas modalidades. Nos dados apresentados, por um lado, verificou-se uma diferença estatisticamente significativa nos TR entre as duas modalidades, $F(1, 18) = 4.936, p < 0.05$; rato: 1227 ms; ponteiro: 1002 ms. Por outro lado, nenhum perfil de variação do MR emergiu em função dos TR. Resumindo, o MR (i) manteve-se grosseiramente constante para ambas as modalidades (apesar de estas diferirem em tempos de resposta), e (ii) dentro de cada uma destas, variações nos TR não acarretaram variações da magnitude do MR.

sido usado indiscriminadamente para diferentes pontos de paragem do alvo (dado um ponto de início constante) ou diferentes pontos de início do movimento (dados pontos de paragem comuns). No conjunto, esta observação aponta para um possível *confounding* entre distância e os factores que a determinam, como o sejam os pontos de início e término do movimento.

Com os presentes dados não podemos, portanto, descartar que o efeito da distância dependa de variáveis de baixo nível, confundidas na escolha de diferentes locais de desaparecimento dos alvos. Os estudos seguintes procurarão esclarecer este ponto.

4.2. A variável distância no Momento Representacional: dissociação dos efeitos da distância percorrida e do local de desaparição do alvo

Na experiência anterior verificámos que a distância percorrida por um alvo parece modular a magnitude do desfasamento da resposta de localização espacial (MR). Contudo, e conforme discutido, a manipulação da distância foi contingente aos pontos de desaparecimento do alvo no ecrã de visualização – tendo o alvo emergido de um dos extremos do ecrã, pontos de paragem sucessivamente mais afastados deste conduzem a incrementos sucessivos do percurso.

Este possível *confounding* assume particular relevância se notarmos que, ao passo que a distância conduz a interpretações dos padrões de resultados no âmbito de mecanismos cognitivos de alto-nível, o ponto de paragem no ecrã invoca aspectos perceptivos de baixo-nível, conforme discutido de seguida.

Na literatura acerca do MR, a manipulação destas variáveis, quando sequer consideradas, tem-se limitado quase exclusivamente à preocupação de variar os pontos de paragem de forma a restringir os efeitos de expectativas dos participantes (e.g., Hubbard & Bharucha, 1988; Kerzel, Jordan & Müsseler, 2001).

Contudo, os trabalhos de Hubbard e colaboradores em torno da percepção da causalidade (Hubbard, Blessum & Ruppel, 2001; Hubbard & Ruppel, 2002; Hubbard & Favretto, 2003) vieram colocar o papel da distância percorrida em destaque. Recordemos que, de acordo com Hubbard, o MR

resulta de um isomorfismo de 2º grau entre invariantes ecologicamente relevantes e uma física implícita (e.g., Hubbard, 2005). Dito de outra forma, o MR traduz uma estrutura de conhecimento (física implícita) não do mundo físico no global, mas sim dos factores sistematicamente relevantes (invariantes ecológicos) na interacção com o mundo (e.g., gravidade, peso [ao invés de massa], força). O que é mais, esta física implícita seria epistemologicamente análoga a considerações da Física Pré-Newtoniana, com especial destaque para a chamada Física do Ímpeto. De forma breve, na Física Medieval mantinha-se presente a distinção aristotélica entre os movimentos naturais⁴³ e movimentos causados (e.g., projecteis). Enquanto que os primeiros possuíam propulsão própria e, logo, seriam autónomos, os segundos emprestavam a sua motricidade aos primeiros, pela transmissão de ímpeto – precursor do momento, o ímpeto consistiria numa força finita, não observável, transferível além do mais para outros objectos (e.g., através de uma colisão). Por fim, o ímpeto, pela própria motricidade que alimentaria, desvanecer-se-ia ao longo do movimento, até que o objecto parasse ou ficasse exposto aos seus movimentos naturais (e.g., gravidade). Concretizando, considere-se alguém que atira uma bola: a acção do movimento do braço transferia ímpeto para a bola, o qual constituiria um recurso para a manutenção do movimento dessa; contudo, ao longo do

⁴³ A ideia de movimentos naturais congrega o caso mais óbvio do movimento animal, mas não se restringe a esse. Na Física Platónica, aos elementos fundamentais – ar, água, terra, fogo – estariam associados sólidos regulares específicos (respectivamente, octaedro [a sua superfície, dado o número de faces, seria suave ao tacto e, logo, quase imperceptível – ar], icosaedro [menos suave que o octaedro, mas o suficiente para fluir – água], hexaedro/cubo [terra] e tetraedro [superfície com ângulos agudos demarcados – fogo] [o quinto sólido platónico, dodecaedro, era associado por Platão aos elementos cósmicos; de resto Aristóteles introduziu um novo elemento, o éter]). Devido à própria geometria, os elementos tendiam para os seus locais naturais. Por exemplo, a terra, constituída por cubos, tendia a deslocar-se para o centro da Terra (explicando assim a gravidade); o fogo, feito de tetraedros, tendia a ascender ao seu local natural (céu); etc. Desta forma, forças como a gravidade constituíam, de igual forma, movimentos naturais, distinguindo-se, portanto, de movimentos violentos ou causados (Jammer, 1957; 1961).

trajecto, o ímpeto ir-se-ia dissipando, resultando num abrandamento da bola; quando, por fim, o ímpeto se desvanecesse por completo, a bola estaria somente sujeita à força da gravidade e, logo, descreveria um movimento descendente. Um raciocínio similar poderia ser efectuado para situações colisionais, sendo que aqui o ímpeto seria transferido do lançador para o lançado.

Entende-se assim a importância dada à distância, nos trabalhos de Hubbard em torno da percepção da causalidade. Com efeito, um objecto lançado (e.g., numa colisão), ao não ser dotado de propulsão própria (pois o movimento deve-se totalmente à acção do lançador), mas sim de ímpeto, deveria abrandar à medida que este último se desvanecia – tal dever-se-ia traduzir por um decréscimo do MR concomitante à distância percorrida. Por outro lado, um objecto isolado, na ausência de uma situação causal que lhe explicasse o movimento, seria tomado, por defeito, como um objecto autónomo, i.e., com propulsão própria e, logo, não sujeito à dissipação do ímpeto – nas medidas do MR a distância não deveria ter aqui qualquer efeito.

Tendo em conta que na experiência anterior um alvo isolado demonstrou um decréscimo do MR em função do ponto de desaparecimento no ecrã, e dado o papel que este tem na determinação da distância percorrida, importa pois caracterizar este efeito, de forma a possibilitar, posteriormente, uma segregação entre os efeitos da distância propriamente dita e do ponto de paragem no ecrã.

As próximas três experiências ocupam-se destas questões. Na primeira, pretende-se replicar o efeito observado da distância para uma gama maior de posições de desaparecimento no ecrã; na segunda, é investigado o papel da margem do ecrã nos efeitos reportados da distância; finalmente, na terceira experiência, procura-se dissociar analiticamente os efeitos da distância

percorrida pelo alvo e o local do seu desaparecimento, através de uma manipulação ortogonal (independente) do ponto de início do movimento e do ponto de desaparecimento do alvo.

Experiência 4.2.I – Caracterização do perfil de redução do Momento Representacional ao longo da extensão do ecrã

O objectivo desta experiência consiste em caracterizar o efeito do local de desaparecimento ao longo de toda a extensão horizontal do ecrã de visualização. Recorde-se que, na experiência anterior, as variações do ponto de paragem concentravam-se sistematicamente a jusante do centro do ecrã. Uma generalização dos resultados para pontos localizados ao longo de toda a extensão do ecrã poderá fornecer indicações úteis acerca não só do efeito desta variável mas também esclarecer as causas do mesmo (e.g., aproximação do alvo aos limites do ecrã; aproximação/afastamento em relação ao observador; direcção e distância do movimento motor a executar para o fornecimento da resposta).

Método

Participantes. Vinte e seis estudantes da licenciatura de Psicologia (24 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra voluntariaram-se para a experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e eram ingénuos acerca dos objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato .avi a 40 fps (frames por segundo), mostrando um quadrado negro com 30 pixéis de lado a viajar a velocidades constantes de 180, 300, 420 ou 540 px/s. Cada quadrado (alvo) emergia do extremo esquerdo ou direito do ecrã, desaparecendo subitamente após cobrir uma distância total de 308, 365, 422, 479, 536, 593, 650 ou 707 pixéis. Desta forma, metade dos pontos de paragem situavam-se na metade esquerda do ecrã (< 512 pixéis) e os restantes na secção direita, independentemente da direcção do movimento. Todas as animações foram criadas com o software *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*.

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de medidas repetidas 4 (Velocidade) × 8 (Distância) × 2 (Direcção do movimento), com 6 replicações. Os participantes sentavam-se a cerca de 60 cm do ecrã, sem restrições de movimentos oculares ou de cabeça, sendo no entanto solicitados a manterem uma postura estável e constante ao longo da experiência (o seguimento das instruções foi monitorizado por observação informal). Eram adicionalmente instruídos a observar atentamente o movimento dos quadrados e, quando estes desaparecessem, a indicar o mais precisamente possível o local onde o alvo (considerando como referência o centro de massa) havia sido visto pela última vez (i.e., o seu local de desaparecimento), usando ou o rato ou o ponteiro, consoante a condição. Alguns ensaios de treino antecediam a experiência propriamente dita, de forma a garantir a compreensão da tarefa. A experiência foi implementada no ambiente *Super Lab 4.0*, com o qual eram apresentados os estímulos, recolhidas as respostas e aleatorizados os ensaios. Os estímulos foram apresentados num computador pessoal equipado com um ecrã LCD táctil, com uma taxa de refrescamento de 120Hz e resolução de ecrã de 1024 × 768 pixéis. Metade dos participantes fornecia as suas respostas usando um rato sem fios com o qual controlava um cursor em forma de cruz (+)

mostrado no ecrã (condição rato); a outra metade tocava directamente no ecrã usando um ponteiro (condição ponteiro).

Resultados

Uma ANOVA mista efectuada sobre os dados obtidos revelou efeitos principais da Distância, $F(7, 168) = 11.519, p < 0.05$, Velocidade, $F(3, 72) = 61.198, p < 0.05$ e Direcção, $F(1, 24) = 695.696, p < 0.05$. Destas, somente a Distância interagiu significativamente com a modalidade de resposta, $F(7, 168) = 9.412, p < 0.05$.

Uma análise global dos resultados revelou que o padrão de dados em leque linear emergiu na condição ponteiro mas não na condição rato, explicando a interacção entre a modalidade de resposta e a distância.

O padrão obtido, com um efeito claramente decrescente da distância na modalidade ponteiro, revelou-se, na condição rato, altamente dependente do quadrante de desaparecimento do alvo no ecrã, o que poderá ser explicado pelo facto de o cursor do rato emergir, sistematicamente, no centro do ecrã.

Para testar esta última hipótese, a condição rato foi replicada com uma aleatorização do ponto de aparecimento do cursor do rato. Onze novos participantes (6 do sexo feminino) estiveram envolvidos nesta condição de controlo, tendo os dados revelado um padrão virtualmente idêntico ao obtido previamente para o ponteiro, i.e., com um efeito principal e consistentemente decrescente da Distância, $F(7, 70) = 4.416, p < 0.05$, um efeito significativo da Velocidade, $F(3, 30) = 34.570, p < 0.05$, e uma interacção significativa entre ambos, $F(21, 210) = 2.199, p < 0.05$, concentrada no seu componente linear-linear.

Discussão

De forma breve, o efeito da distância foi replicado para ambas as modalidades, e em toda a gama de posições de desaparecimento no ecrã. Recorde-se que na experiência anterior, somente pontos de desaparecimento para lá do centro do ecrã, na direcção do movimento (isto é, após o alvo ter percorrido metade do ecrã na horizontal), foram utilizados. Os dados da presente experiência revelaram o mesmo padrão quando se considera a amplitude total do ecrã, mostrando um decréscimo consistente do Momento Representacional com o aumento das distâncias na direcção do movimento.

Experiência 4.2.II. – Efeitos da contracção do espaço do evento e da resposta

De entre as causas possíveis para os resultados observados nas experiências anteriores, inclui-se a proximidade variável do alvo às margens do ecrã. O efeito desta pode, além disso, ocorrer em momentos distintos: ou no momento da observação do movimento do alvo, ou no momento da resposta de localização. Com o objectivo de esclarecer este ponto na presente experiência introduziram-se objectos estáticos negros (dado o fundo branco sob o qual ocorre o movimento; ao longo de toda a extensão vertical do ecrã) que restringem em diferentes graus a extensão horizontal da janela de visualização. Adicionalmente, estes podiam estar presentes durante o próprio movimento do alvo e/ou durante a resposta.

Método

Participantes. Vinte e seis estudantes da licenciatura de Psicologia (21 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra voluntariaram-se para a experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e eram ingénuos acerca dos objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato .avi a 40 fps, que mostravam um quadrado negro com 30 pixéis de lado a viajar a velocidades constantes de 180, 350 ou 540 px/s (pixéis por segundo). Cada quadrado (alvo) emergia do extremo esquerdo ou direito do ecrã, desaparecendo subitamente após cobrir uma distância total de 536, 593 ou 650 pixéis. Por outro lado, uma barra negra vertical, com espessura de 0, 114 ou 342 pixéis era apresentada no extremo do ecrã oposto àquele de onde emergia o alvo, constringendo ou o espaço do ecrã onde decorria o movimento ou o espaço do ecrã aquando da resposta do participante (i.e., após o desaparecimento do alvo; ver Figura 7). Estas duas situações foram cruzadas factorialmente com as restantes variáveis e entre si. Todas as animações foram criadas com o software *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*.

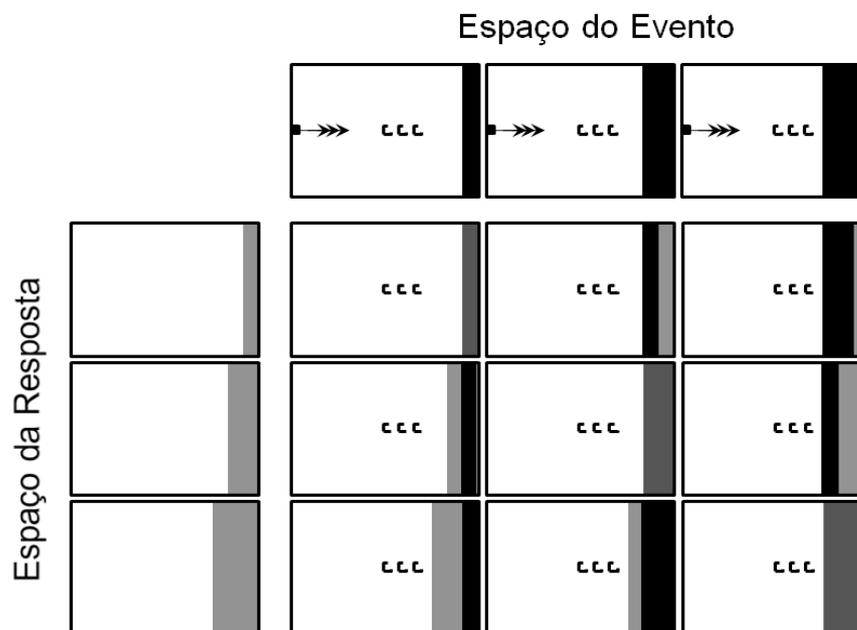


Figura 7 – Representação esquemática dos estímulos; as setas indicam velocidades distintas e os quadrados os pontos de término do movimento do alvo; a negro encontram-se representadas as reduções da janela de visualização do evento, ao passo que a cinzento as reduções na janela de resposta.

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de medidas repetidas 3 (Velocidade) \times 3 (Distância) \times 3 (Tamanho do ecrã durante o movimento) \times 3 (Tamanho do ecrã aquando da resposta) \times 2 (Direcção do movimento), com 6 replicações. O procedimento foi em tudo similar à experiência anterior.

Resultados

Os dados recolhidos foram submetidos a uma ANOVA mista com a modalidade de resposta como variável entre-sujeitos. Todas as variáveis

apresentaram um efeito principal significativo: Direcção, $F(1, 24) = 384.750$, $p < 0.05$; Velocidade, $F(2, 48) = 27.770$, $p < 0.05$; Distância, $F(2, 48) = 109,179$, $p < 0.05$; Extensão do ecrã durante o movimento, $F(2, 48) = 19.764$, $p < 0.05$; Extensão do ecrã durante a resposta, $F(2, 48) = 68.983$, $p < 0.05$. O efeito da Extensão do ecrã durante o movimento, como seria de esperar com base no efeito de *landmark attraction*⁴⁴ (Hubbard & Ruppel, 1999), foi de um incremento do Momento Representacional com a diminuição da distância entre o alvo e a barra negra. Por outro lado, a presença da barra negra no momento da resposta resultou num efeito em tudo similar ao da distância percorrida pelo alvo, i.e., uma diminuição do Momento Representacional com a diminuição da distância entre o ponto de desaparecimento do alvo e o extremo da barra negra.

Discussão

Os dados apresentados sugerem fortemente que o efeito anteriormente reportado para a distância reflecte essencialmente a proximidade variável entre o ponto de desaparecimento do alvo e o extremo do ecrã no momento da resposta, isto é, independentemente do tamanho do ecrã durante a visualização do movimento.

No conjunto, os dados discutidos até ao momento apontam claramente para a predominância de mecanismos de baixo nível na determinação de efeitos

⁴⁴ Neste, a presença de um objecto estático, maior que o alvo, influencia a magnitude e direcção do desfasamento (MR), na direcção do primeiro. Assim, por exemplo, um alvo que se aproxime do objecto possui um desfasamento na direcção do movimento maior que um alvo que se afaste desse. No mesmo sentido, um alvo cuja trajectória passe acima ou abaixo do objecto sofre um desfasamento mnésico ortogonal ao movimento e na direcção do objecto estático.

aparentemente atribuíveis à distância percorrida pelo alvo (na realidade confundida experimentalmente com o grau de aproximação ao extremo da janela do ecrã).

Neste sentido, uma reavaliação da proposta e dados de Hubbard et al. (2001) torna-se necessária. Sendo que o carácter autónomo ou perda de ímpeto seriam contingentes à distância propriamente dita (de acordo com Hubbard e colaboradores) e tendo em conta que a própria aproximação ao extremo do ecrã (contingente, dado um ponto de início do movimento constante, à distância percorrida) parece modular a magnitude do MR, uma conceptualização do fenómeno em termos de uma física implícita de ímpeto depende vitalmente da separação clara dos dois efeitos (distância e local de desaparecimento). A clarificação deste ponto constitui o objectivo da experiência seguinte.

Experiência 4.2.III. – Desambiguação dos efeitos da distância percorrida e do local de término do movimento

Conforme discutimos na introdução do presente capítulo, os eventuais efeitos da distância percorrida por um alvo constituem um ponto fulcral na interpretação que Hubbard e colaboradores apresentam para o MR, a saber, que este traduz uma física implícita de dissipação do ímpeto.

Nessa abordagem, o ponto crítico seria a diferença entre objectos autónomos (com propulsão própria) e lançados (num contexto colisional), sendo que nos primeiros não se esperaria uma diminuição do MR com incrementos da

distância, contrariamente aos últimos em que tal decréscimo seria interpretável como resultante da dissipação do ímpeto.

Hubbard e Ruppel (2002) apresentam dados que parecem suportar a hipótese de dissipação do ímpeto. Usando como estímulos situações causais em tudo similares ao efeito de lançamento (Michotte, 1963), verificaram uma redução do MR em função da distância percorrida pelo alvo. Contudo, escrutinando o *design* empregue, verifica-se que a manipulação da distância coincidiu com diferentes pontos de término do movimento ao longo do ecrã. Obviamente, a relevância deste dado depende da observação de que um objecto isolado (supostamente autónomo) não sofre o mesmo padrão de reduções (dado não estar sujeito à dissipação do ímpeto). Hubbard et al. (2001) fornecem dados que parecem apoiar este ponto. Originalmente concebida para estudar a redução do MR em contextos de colisão, a experiência relatada incluía duas condições de controlo em que um objecto isolado era mostrado em movimento cobrindo ou (i) a trajectória total do conjunto lançador+alvo nas situações de colisão (com uma velocidade igual à do alvo; condição *Slow Total* [ST]) ou (ii) somente o movimento do alvo na ausência de um lançador (condição *Target Only* [TO])⁴⁵. Sendo que as distâncias percorridas pelo alvo nas condições ST e TO diferiam entre si, a ausência de qualquer diferença no MR entre essas suporta assim a hipótese de que um objecto isolado é interpretado pelos participantes como autónomo, dada a ausência de evidências a favor de uma dissipação do ímpeto. Contudo, é possível constatar que, nessa experiência, o ponto de término do movimento no ecrã coincidia nas duas condições.

⁴⁵ Note-se que a distância é aqui variada incidentalmente pelo facto de os alvos iniciarem o seu movimento em pontos distintos.

À luz dos dados por nós apresentados, em que um alvo isolado revela um decréscimo do MR em função do ponto de término do movimento, os resultados obtidos por Hubbard e colaboradores são susceptíveis de uma interpretação distinta: digamos que somente o ponto de término do movimento determina a magnitude do MR – nesse caso, seria de esperar um padrão de reduções na experiência de Hubbard e Ruppel (2002) (dado que diferentes pontos de término foram usados), mas não na experiência de Hubbard et al. (2001) (em que o ponto de término é invariante). Note-se que esta previsão dispensa em absoluto das características causais ou autónomas para a origem do movimento; assenta tão-somente no local de desaparecimento do alvo (a rigor, do constrangimento da janela de visualização na altura da resposta).

A confusão em torno do efeito da distância, a qual constitui a variável substantiva, resulta do facto de que esta varia em função tanto do ponto de início como de término do movimento – variáveis manipuláveis efectivamente.

Este jogo dual entre o que é manipulável numa experiência e o que se pretende pôr em jogo substantivamente obriga a um desenho experimental adequado de forma a destrinçar que efeitos se devem à distância propriamente dita e quais resultam somente da localização no ecrã. Este será o enfoque da experiência seguinte.

Método

Participantes. Quarenta estudantes da Universidade de Coimbra (37 do sexo feminino) voluntariaram-se para a experiência. Todos os participantes

possuíam visão normal ou corrigida para o normal e ignoravam os objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato .avi a 40 fps foram usados como estímulos. Estes mostravam um de três possíveis eventos. (i) *Efeito de lançamento* – um quadrado branco (lançador) com 30 pixéis de lado aproximava-se a uma velocidade constante de 480 px/s de um quadrado negro (alvo) de tamanho igual em repouso no ecrã; após o lançador tocar no alvo, o seu movimento parava e o alvo iniciava um movimento na mesma direcção a uma velocidade constante de 160 px/s (1/3 da velocidade do lançador). O lançador poderia iniciar o seu movimento a 139, 193 ou 247 pixéis do extremo do ecrã oposto à direcção do movimento, enquanto que o alvo poderia desaparecer a 533, 587, 641, 695 ou 749 pixéis, consoante o ponto de início do movimento do lançador (ver Figura 8 para detalhes). (ii) *Alvo isolado* – estes eventos mostravam, com características semelhantes aos eventos causais, somente o movimento do alvo. (iii) *Trajectória total isolada* – nestes eventos o alvo dos eventos causais era mostrado em movimento cobrindo a totalidade da trajectória lançador+alvo dos eventos causais (ver Figura 8). A direcção do movimento foi contrabalançada, tendo os estímulos sido produzidos no software *Interactive Physics 2004* e editados no *VirtualDub*.

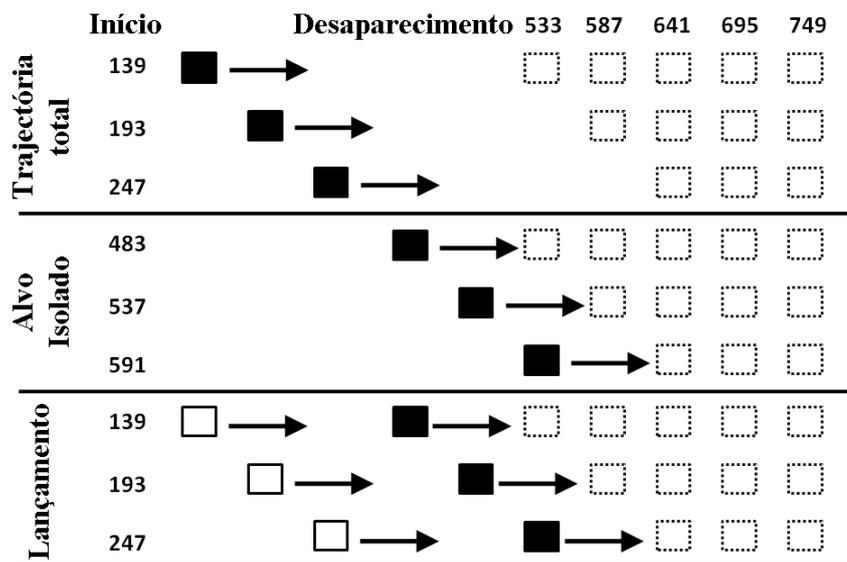


Figura 8 – Composição dos estímulos para a experiência 4.2.III.

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de medidas repetidas de 3 (Evento) × 3 (Ponto de início do movimento) × 2 (Direcção) × 3-5 (Ponto de desaparecimento do alvo), com o número de níveis desta última variável dependente do ponto de início do movimento. O procedimento replicou em todos os aspectos a condição rato das experiências anteriores.

Resultados

Dada a configuração dos estímulos (ver Figura 8), é possível derivar previsões específicas quanto aos padrões de dados compatíveis com os

efeitos da Distância e Término do movimento⁴⁶. Esta possibilidade é oferecida pela própria estrutura de compensações iguais entre os pontos de início e término. Na Figura 9, os pontos que correspondem a iguais distâncias (diferenças iguais entre o término e início do movimento) encontram-se indicadas por linhas tracejadas. Um efeito da Distância corresponderia então a uma dispersão vertical dessas linhas tracejadas (Painéis A e C); ao invés, a ausência de efeitos dessa variável seria assinalável pelo colapso das linhas tracejadas (Painéis B e D). Paralelamente, o declive (independentemente da dispersão) das linhas tracejadas denuncia um efeito do local de Término do movimento (independentemente do efeito da Distância; Painéis B e C); assim, um declive de 0 (linha horizontal) traduz a ausência de efeitos desta variável (A e D)⁴⁷. Em suma, o painel A corresponde a um efeito da Distância, mas não do local de Término; o painel B a um efeito do local de Término, mas não da Distância; o painel C a um efeito de ambos e o painel D à ausência de quaisquer efeitos. A hipótese de Hubbard quanto à sensibilidade do MR à dissipação do ímpeto seria apoiada pelos padrões indicados nos painéis A e C mas refutada pelos restantes.

Na Figura 11 encontram-se representados os dados obtidos para as condições Trajectória Total (Painel A), Alvo Isolado (Painel B) e Lançamento (Painel C). Conforme se pode apreciar, em todas as condições, o padrão obtido replica aquele do painel B da Figura 9, i.e., ausência de efeitos da Distância.

⁴⁶ Concretizaremos este ponto para a condição “Trajectória Total”; contudo, as conclusões são rigorosamente as mesmas para as restantes condições.

⁴⁷ O paralelismo das linhas contínuas, que ligam iguais locais de término do movimento, traduz somente a assunção que o efeito desses é aditivo. A rigor, esta é uma assunção não essencial para as previsões e poderia, sem perda de generalidade, ser abandonada. Contudo, a interpretação dos gráficos seria consideravelmente dificultada.

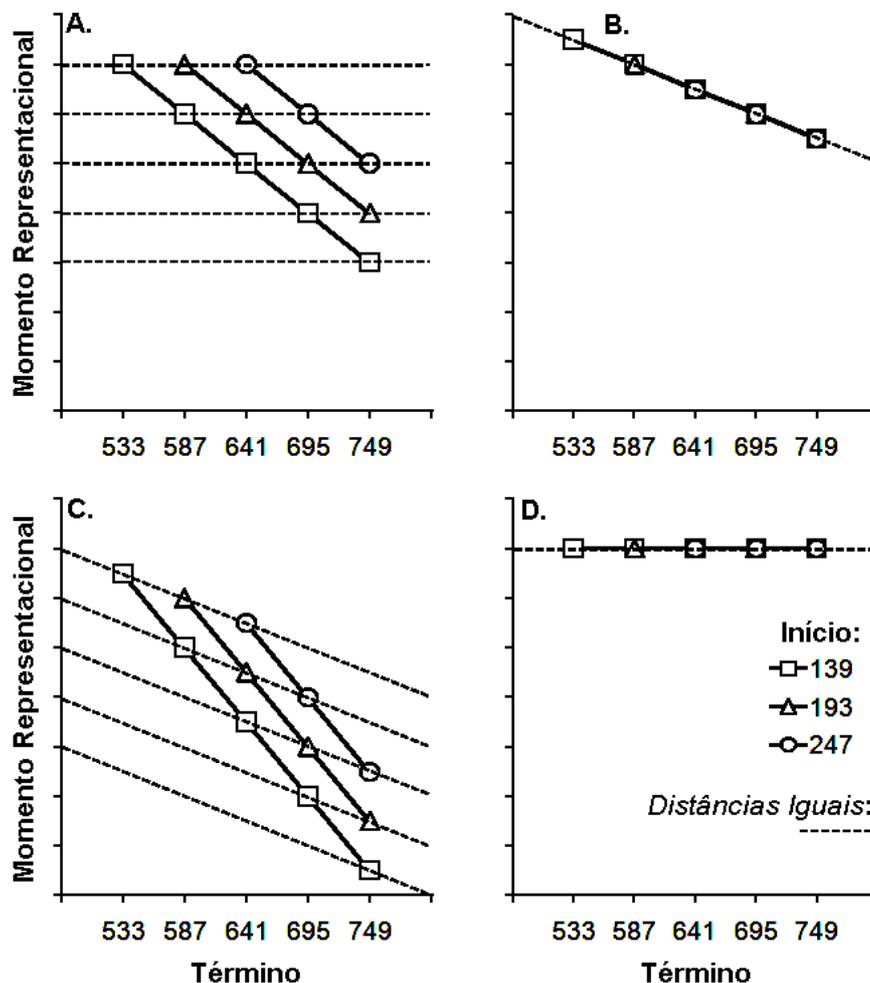


Figura 9 – Possíveis cenários empíricos: (A) somente a Distância tem efeitos no MR; (B) somente o local de Término do movimento tem efeitos no MR; (C) ambos os factores determinam o MR; (D) nenhum dos factores influencia o MR (efeitos nulos).

De forma a analisar os dados, duas ANOVAs foram planeadas (ver Figura 10, painel C). Na primeira (ANOVA A – iguais locais de término) a distância percorrida pelo alvo era variada, mas o ponto de desaparecimento em relação ao extremo do ecrã mantinha-se constante – se a Distância tiver

um efeito no Momento Representacional, então a variável ponto de Início do movimento deverá ter um efeito significativo. Na segunda (ANOVA B – iguais distâncias) a distância percorrida pelo alvo era mantida constante, mas o ponto de desaparecimento variado – se for a Distância o factor modulador do Momento Representacional, o ponto de Início do movimento não deverá aqui apresentar qualquer efeito significativo.

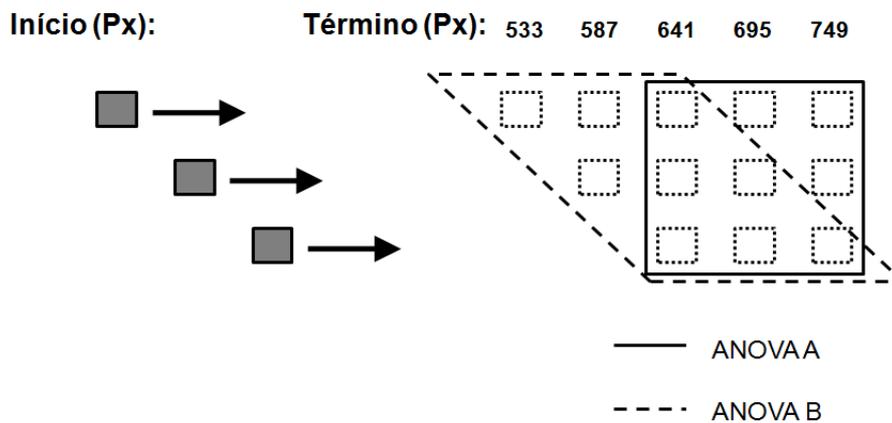


Figura 10 – Representação esquemática da divisão em dois subgrupos de pontos de término do movimento para análise estatística. ANOVA A – diferentes distâncias/términos constantes; ANOVA B – distâncias constantes/diferentes términos.

A análise estatística suporta a observação do gráfico e, de resto, refuta a existência de efeitos da Distância. A ANOVA A revelou um efeito significativo do ponto de Desaparecimento, $F(2, 78) = 35.856, p < 0.05$, mas nenhum efeito do ponto de Início do movimento. Por outro lado, na ANOVA B tanto o ponto de Início, $F(2, 78) = 27.171, p < 0.05$, como o ponto de Desaparecimento, $F(2, 78) = 20.206, p < 0.01$, atingiram a significância estatística.

Recorde-se, nesta altura, que a redução do MR concomitante com a Distância percorrida numa situação de lançamento constitui somente um dos dois indicadores de Percepção Causal apontados por Hubbard et al. (2001). O outro consiste na diferença positiva no MR entre um alvo isolado e um alvo lançado. Como a presente experiência replica esses dados, é possível avaliar a presença desta diferença. Por inspecção visual, constata-se um padrão em arco das linhas correspondentes à condição Lançamento (Figura 11, painel C), por contraste tanto com a condição Trajectória Total como com a condição Alvo Isolado. Efectivamente, uma ANOVA feita sobre o MR no primeiro local de Término do movimento revela uma diferença estatisticamente significativa entre as condições, $F(2, 78) = 8.76, p < 0.05$. Contudo, esta redução do MR (entre condições) apenas se verifica para esse local de Término, desaparecendo noutros locais mesmo quando a Distância é mantida constante. Assim, a diferença entre lançamento e alvos isolados parece depender do local no ecrã onde os alvos desaparecem, um facto não compatível com a interpretação de dissipação do ímpeto⁴⁸, ainda que sugira uma modulação característica do local de término para situações causais.

⁴⁸ Choi e Scholl (2006) apresentaram dados que parecem também lançar dúvidas sobre a diferença entre alvos isolados e lançados como medida comportamental da Percepção Causal. Nesses, a mesma diferença foi obtida para situações onde o “lançador” passava por detrás do “alvo”, resultando numa situação não interpretável como causal. Contudo, cf. De Sá Teixeira e Oliveira (2008) onde os dados de Choi e Scholl são avaliados à luz dos trabalhos de Levelt (1962) acerca do efeito de travão (*braking*). No seu conjunto, porém, os nossos dados aqui discutidos apontam, tal como os de Choi e Scholl, para efeitos de baixo-nível na redução do MR.

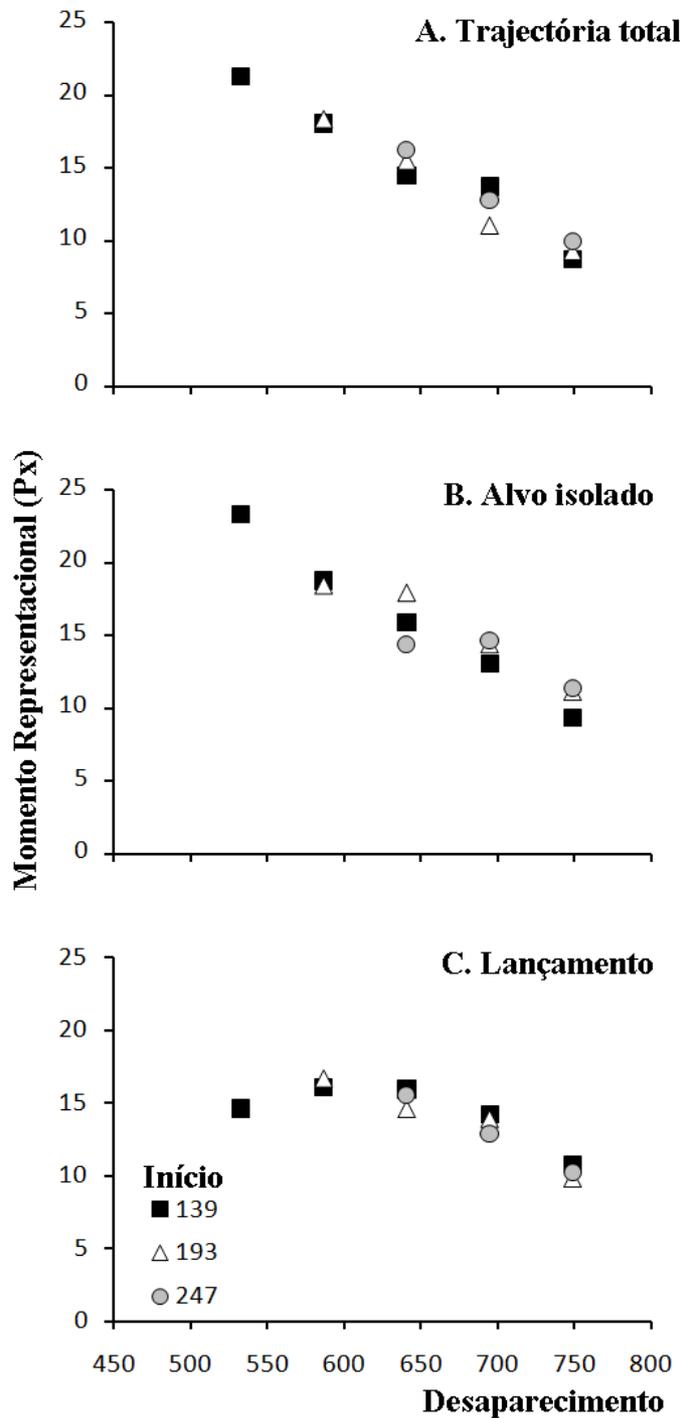


Figura 11 – Momento Representacional obtido para os três eventos em função do ponto de Desaparecimento (abscissa) e do ponto de Início do movimento (parâmetro das curvas).

Discussão

Os resultados obtidos refutam a hipótese de que a distância percorrida tem um efeito no Momento Representacional. Somente a aproximação ao extremo do ecrã reduz a magnitude do desfasamento, independentemente do tipo de evento apresentado. Desta forma, nenhuma evidência foi encontrada de que o Momento Representacional seja sensível à “autonomia percebida” do alvo (objectos isolados) ou à ausência da mesma (eventos causais). De igual forma, o facto de que a diferença de MR entre alvos isolados e lançados depende de pontos específicos de desaparecimento do alvo no ecrã, não se verificando para distâncias iguais em que o alvo desaparece noutra ponto, levanta sérios problemas para a interpretação da redução do MR como medida da Percepção da Causalidade (Hubbard et al., 2001).

Apesar do grande volume de dados que suportam a influência de variáveis de alto nível, de natureza cognitiva, no Momento Representacional (cf. Hubbard, 2005), a autonomia do movimento não parece ser uma delas. No geral, os dados apresentados até ao momento fornecem, não obstante, um exemplo paradigmático da necessidade de controlo das variáveis de baixo nível que se possam confundir com influências cognitivas.

4.3. Estudo do curso temporal do Momento Representacional com modalidades de resposta motoras

Conforme tivemos já oportunidade de mostrar, não são estranhas, na literatura acerca do MR, dissociações em termos de modalidades de resposta (e.g., Müsseler et al., 2002; Kerzel, 2002; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Kerzel, 2005). Porém, é notória a escassa existência de estudos que, usando como resposta modalidades motoras, tenham procurado averiguar o efeito de variáveis previamente estudadas com o método da sonda mnésica. Uma exceção é o estudo de Daum e Frick (2003) no qual a gravidade representacional, originalmente reportada por Hubbard e Bharucha (1988) usando o rato como modalidade de resposta, não emergiu quando os participantes eram instruídos a tocar directamente no local de desaparecimento do alvo no ecrã. Este dado sugere que o carácter mediado ou directo da resposta, desde que a natureza da mesma seja motora (e.g. Kerzel, 2002), não é indiferente, pelo menos para variáveis de cariz dinâmico (e.g., gravidade).

Uma variável particularmente interessante neste contexto será o tempo de retenção (Freyd & Johnson, 1987). Ainda que, a rigor, o tempo seja uma variável de cariz cinemático, neste contexto assume um pendor claramente representacional (o tempo da transformação/evolução da representação mental) e, como tal, diferencia-se de variáveis como a velocidade e distância (estudadas até ao momento), as quais pela própria manipulação constroem a representação ao que é percebido pelo participante. Pelo contrário, o tempo de retenção, assumindo um carácter que poderíamos denominar de amodal, possibilita a emergência da própria dinâmica da representação

mental. De resto, esta é originalmente manipulada em estudos cujos resultados vieram a oferecer suporte empírico à ideia de internalização do momento físico. Recordamos que, na interpretação original do MR (Freyd, 1983), este era concebido como uma internalização do momento físico. Enquadrado no estudo das Imagens Mentais, o MR seria assim um exemplo por excelência das propriedades dinâmicas das representações mentais (Representações Dinâmicas). A representação mental possuiria assim um análogo da inércia – tendência a permanecer em movimento. Neste sentido, seria de esperar que a magnitude do MR crescesse ao longo do tempo⁴⁹.

No sentido do exposto, verificou-se que o tempo de retenção que mediava o desaparecimento do alvo e o aparecimento da sonda mnésica resultava num aumento proporcional da magnitude do Momento Representacional, até um máximo por volta dos 300 ms, a partir do qual se verificaria um decréscimo (Freyd & Johnson, 1987). Mais recentemente, Kerzel (2000), impondo aos participantes restrições nos movimentos oculares, verificou, com o uso da sonda, não só um virtual desaparecimento do Momento Representacional, como uma insensibilidade deste ao intervalo de retenção. De resto, e sem constrangimentos oculares, o decréscimo após os 250/300 ms de retenção não se verificou, mantendo-se a magnitude do Momento Representacional constante.

⁴⁹ Eventualmente, como deverá resultar óbvio, a representação dinâmica seria interrompida. Presumivelmente (Freyd, 1983), o próprio desaparecimento do estímulo indicaria ao sistema cognitivo que a respectiva representação deveria parar; porém, e sendo dotada de um análogo do momento, ofereceria uma certa resistência (devido à sua inércia) que se manteria por algum tempo.

O efeito do intervalo de retenção parece assim conciliar à sua natureza fisicamente cinemática propriedades representacionalmente dinâmicas (ocorre ao nível da representação cognitiva) (Freyd & Jonhson, 1987). Adicionalmente, constitui um fenómeno compatível com a noção de percepção-para-a-acção: assumindo no MR um papel de compensação de atrasos neurais de forma a sincronizar as acções com os movimentos no mundo físico, uma compensação da extrapolação contingente ao incremento de tempo entre o planeamento da acção e a sua execução (intervalo de retenção) seria plausível.

No sentido do exposto, resulta curiosa a ausência de estudos acerca do curso temporal do Momento Representacional com modalidades motoras de resposta. O presente estudo procura responder a este ponto.

Método

Participantes. 48 estudantes (41 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra participaram na experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e desconheciam os propósitos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações (.avi 40 fps) que mostravam um quadrado negro com 30 pixéis de lado a viajar a velocidades constantes de 180, 300, 420 ou 540 px/s. Cada quadrado (alvo) emergia do extremo esquerdo ou direito do ecrã, desaparecendo após cobrir uma distância total de 536, 593 ou 650 pixéis. Todas as animações foram criadas com o software *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*. A experiência foi implementada no ambiente *Super Lab 4.0*, com o qual eram apresentados os estímulos, recolhidas as respostas e aleatorizados os ensaios. Os estímulos foram apresentados num computador pessoal

equipado com um ecrã LCD táctil, com uma taxa de refrescamento de 120Hz e resolução de ecrã de 1024 × 768 pixéis. Metade dos participantes fornecia as suas respostas usando um rato sem fios com o qual controlava um cursor em forma de cruz (+) mostrado no ecrã (condição Rato); a outra metade tocava directamente no ecrã usando um ponteiro (condição Ponteiro).

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de medidas repetidas 4 (Velocidade) × 3 (Distância) × 5 (Intervalo de retenção) × 2 (Direcção do movimento), com 5 replicações. Os participantes sentavam-se a cerca de 60 cm do ecrã, sem restrições de movimentos oculares ou de cabeça, mas instruídos a manterem uma postura estável e constante ao longo da experiência (o seguimento das instruções foi monitorizado por observação informal). Os participantes eram instruídos a observar atentamente o movimento dos quadrados e, quando ouvissem um som (*beep*; condição ponteiro) ou quando o cursor do rato (+) surgisse no ecrã (condição rato), a indicar, o mais precisamente possível, o local onde o alvo havia sido visto pela última vez (i.e., o seu local de desaparecimento). O som (ponteiro) ou o cursor podiam aparecer 0, 150, 300, 450 ou 600 milissegundos após o desaparecimento do alvo. Alguns ensaios de treino antecediam a experiência propriamente dita, de forma a garantir a compreensão da tarefa.

Resultados

Os dados recolhidos foram analisados por meio de uma ANOVA mista, com a modalidade de resposta como factor entre-sujeitos. Na Figura 12 podem ser apreciados os gráficos factoriais Intervalo de retenção × Velocidade (resultados agregados através da Distância e da Direcção do movimento),

separados por modalidade. É óbvia uma subida do Momento Representacional entre os 150 e os 300 ms seguido de uma estabilização do mesmo, na condição rato. Por outro lado, nenhum padrão ou tendência de subida do Momento Representacional com o intervalo parece evidente na condição ponteiro.

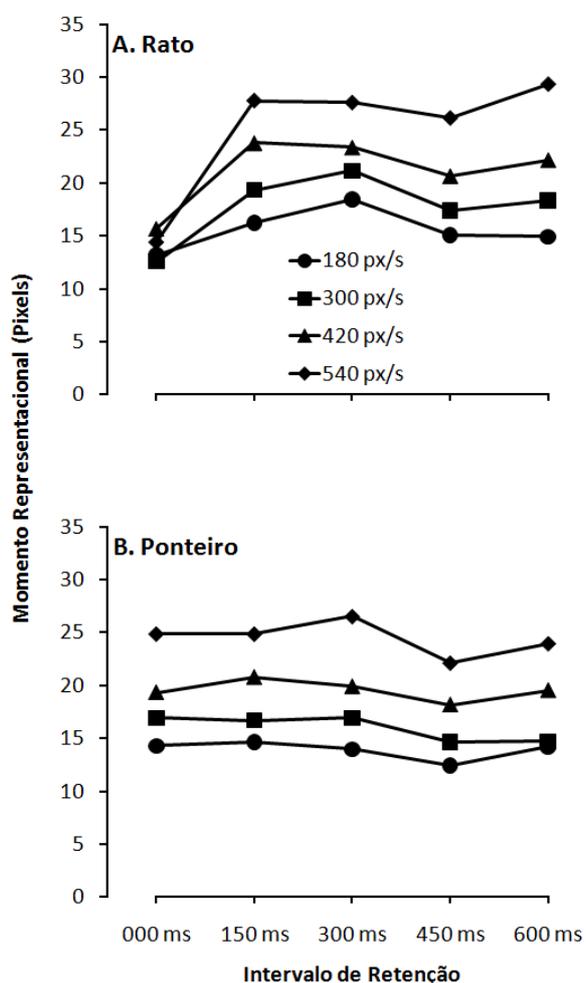


Figura 12 – Gráficos factoriais Intervalo de Retenção (Abcissa) × Velocidade (Parâmetro das curvas) para a condição rato (Painel A) e ponteiro (Painel B).

Os resultados estatísticos conformam-se com a inspecção visual. Obtiveram-se efeitos principais da Velocidade, $F(1.793, 82.497) = 49.393, p < 0.01$, Intervalo de retenção, $F(2.46, 113.142) = 12.311, p < 0.01$, Distância, $F(1.151, 52.952) = 51.152, p < 0.01$, e Direcção, $F(1, 46) = 226.783, p < 0.01$. Por outro lado, a modalidade de resposta apresentou uma interacção significativa com o Intervalo de retenção, $F(2.46, 113.142) = 11.271, p < 0.01$, e com o Intervalo de retenção e Velocidade, $F(8.657, 298.217) = 529.812, p < 0.05$. ANOVAs efectuadas separadamente para as modalidades rato e ponteiro confirmaram a ausência de efeitos do Intervalo de retenção nesta última ($p > 0.05$), mas não para a primeira, $F(2.922, 67.198) = 19.393, p < 0.01$.

Discussão

Os dados apresentados apontam para uma dissociação entre as duas modalidades de resposta motora (rato e ponteiro) no que se refere ao curso temporal após o desaparecimento do alvo. Assim, enquanto que para a condição rato o curso temporal segue o padrão já amplamente documentado para as medidas com sondas mnésicas (Freyd & Johnson, 1987; Kerzel, 2000)⁵⁰, a condição ponteiro mostrou-se insensível a esta variável. O facto

⁵⁰ Uma outra hipótese para este resultado seria que a própria emergência do cursor do rato (ausente na condição ponteiro) constituiria uma referência visuo-espacial para a tarefa de localização. Neste sentido, um aumento progressivo do tempo que medeia o desaparecimento do alvo e o aparecimento do cursor deveria conduzir a maior incerteza na localização do ponto de desaparecimento. Ainda que plausível, tendemos a afastar esta hipótese ao constatar que o efeito do intervalo de retenção é relativamente invariante para diferentes distâncias percorridas – estas ao conduzirem a um maior distanciamento entre o cursor (tomado como referência) e o local de desaparecimento, deveriam levar, se tal fosse o caso, a um padrão de incremento do desfasamento. Nesta experiência e, especialmente, naquelas estudadas até ao momento, o efeito da distância/local de desaparecimento do alvo no ecrã conduzem sistematicamente a efeitos opostos a estas previsões.

de os efeitos do intervalo de retenção terem sido já demonstrados com o uso de sondas mnésicas (sem constrangimento de movimentos oculares), conduz à conclusão de que o uso do rato pode não corresponder em absoluto a uma modalidade motora, como sugerido por Kerzel (e.g., 2005), indistinta do toque directo (ponteiro).

Nenhuma relação entre o tempo de reacção e a magnitude do MR foi observada nos presentes dados. Assim, o padrão de evolução do desfasamento em função do intervalo de retenção não é explicado pelo tempo de resposta (mais elevado, em média, nas respostas com o rato), devendo os processos que determinam a magnitude do Momento Representacional estar já concluídos na altura em que se inicia a execução motora do movimento. Esta dissociação entre o uso do rato e o uso do ponteiro parece assim dever-se aos processos de preparação e planificação convocados por cada uma destas modalidades de resposta, dependendo provavelmente do seu carácter mediado ou directo, surgindo o uso do rato (resposta mediada) como mais permeável à influência do intervalo de retenção (nos seus aspectos dinâmicos).

5. DETERMINANTES DINÂMICOS DO MOMENTO REPRESENTACIONAL

5.1. Estudo dos efeitos da massa I: especificação cinemática da dinâmica em contextos colisionais

Conforme exposto anteriormente, no âmbito do Momento Representacional, a massa do alvo - uma variável declaradamente dinâmica – não tem, nos estudos que nesta se focaram, revelado quaisquer efeitos significativos (Cooper & Munger, 1993), excepto, de modo assinalável, na sua contribuição para a Gravidade Representacional (Hubbard, 1990, 1995, 1997, 2001). Numa descrição física normativa, a gravidade surge com o estatuto de força, resultando numa aceleração (de cerca de 9.81 m/s^2 , na Terra) dos corpos graves. Assim, a gravidade manifesta-se no padrão cinético dos corpos.

À luz do Princípio da Especificação Cinemática da Dinâmica (Runeson & Frykholm, 1983) – segundo o qual quando o padrão cinemático de um evento observado se encontra associado univocamente a um dado aspecto dinâmico, este é percebido directamente –, o MR parece pois ser sensível a aspectos dinâmicos conquanto estes se traduzam no comportamento cinético do alvo. No caso da massa (manipulada por variações do tamanho do alvo), o seu efeito no MR parece restringir-se a situações nas quais esta traduz um efeito cinemático observável, como o é o

caso da gravidade – neste sentido, e recuperando a ideia de isomorfismo de 2º grau (e.g., Hubbard, 2005), o MR mostra-se sensível não à massa do alvo, *per si*, mas ao peso⁵¹. Mais que isso, o MR parece reflectir as próprias concepções cognitivas acerca dos fenómenos físicos – encontra-se bem documentado no estudo da Física Intuitiva que o peso de um objecto se repercute nos juízos acerca da velocidade de queda do mesmo (apesar de, note-se, não haver qualquer relação normativa entre ambos; McCloskey, 1983). Similarmente, alvos maiores (percepçionados como mais pesados) conduzem a maiores desfasamentos da localização espacial na direcção da gravidade (cf. Hubbard, 1997).

Posto isto, é possível generalizar este princípio, e.g., considerando situações colisionais. Nestas as diferenças nas massas dos corpos envolvidos traduzem-se igualmente num padrão cinemático característico, dado pela razão de velocidades pós-colisionais e determinado à partida pela razão das suas massas. Sabemos, no caso das colisões bi-dimensionais (e.g., Gilden & Proffitt, 1989; Gilden, 1991; Johanssen et al., 1980; Runeson & Vedeler, 1993; Todd & Warren, 1982), que observadores humanos são sensíveis a diferenças de massa dados os padrões cinemáticos pós-colisionais. Para o caso presente, do efeito da massa no Momento Representacional, o fenómeno de colisões entre corpos reveste-se de algum interesse pois (i) constitui uma situação em que o papel da massa se manifesta no comportamento cinemático dos objectos (à similaridade do que ocorre com a Gravidade Representacional) e (ii) enquadra-se na investigação já efectuada com recurso ao Momento Representacional acerca da Percepção

⁵¹ A apreensão deste ponto requer o reconhecimento de uma diferença entre as variáveis tal como definidas na Física (e.g., massa) e a forma como as mesmas se apresentam sensivelmente a um observador (e.g., peso); note-se que um observador não percepçiona a massa de um objecto mas sim a sua tradução, por exemplo, no peso do mesmo.

Causal, conhecendo-se os padrões básicos de variação da magnitude do Momento Representacional na situação simples de colisão com corpos de massa igual – redução do Momento Representacional (Hubbard et al., 2001).

Na linha do exposto, poderia esperar-se a obtenção de um efeito da variável massa, num contexto de movimento horizontal e na direcção do movimento, dada uma situação colisional. Variando a massa do lançador e assumindo que o Momento Representacional pode ser modulado não pela própria massa (enquanto potencial) mas sim pelos seus efeitos visíveis (ou sensíveis, como no caso do peso), deverá ser possível medir esses no desfasamento mnésico do alvo lançado, quando tudo o resto se mantiver igual.

Por fim, e não obstante o enquadramento típico da literatura acerca do Momento Representacional em que este traduz um isomorfismo de 2º grau com estruturas de conhecimento cognitivas similares às estudadas na Física Ingénua, resulta surpreendente a total ausência de abordagens simultâneas à medida do Momento Representacional e juízos fenomenológicos (uma das mais importantes medidas no estudo da Física Ingénua) para os mesmos estímulos. Com efeito, a ligação usualmente estabelecida entre os efeitos do Momento Representacional e o conhecimento intuitivo das situações físicas faz-se, por norma, *a posteriori*, isto é, por interpretação dos efeitos obtidos no MR à luz de literaturas paralelas como o sejam a Física Intuitiva (e.g., Bertamini, 2002). Contudo, e apesar das alusões cruzadas (entre esses), estas linhas de investigação tendem a permanecer distintas. Em boa parte, tal parece resultar da inexistência de uma plataforma empírico-conceptual comum, capaz de fornecer resultados compreensivos numa lógica similar. Conforme já referido, parece-nos que a Teoria da Integração da Informação (IIT; Anderson, 1981; 1982; 1996) fornece um paradigma adequado para tal

empreendimento, na medida em que dispõe dos meios conceptuais e metodológicos para uma abordagem analítica unificada do modo como múltiplas variáveis são integradas numa dimensão de resposta, seja esta de natureza verbal ou não. Tendo como únicos requisitos a existência de uma resposta contínua (isto é, susceptível de variar em grau) e a manipulação factorial de mais do que uma variável independente (isto é, uma tarefa multidimensional), a TII constitui assim um quadro natural para um estudo simultâneo e comparativo dos padrões de desfasamento mnésico observados (Momento Representacional) e daqueles revelados por juízos numéricos (fenomenológicos) que exprimem estruturas implícitas de conhecimento (Física Ingénua).

Método

Participantes. 66 estudantes (64 de sexo feminino) da Universidade de Coimbra participaram no estudo. Todos os participantes possuíam visão normal ou corrigida para o normal e ignoravam os objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações (.avi; 40 fps) que mostravam um quadrado branco (alvo), com 30 pixéis de lado, em repouso perto do centro do ecrã. Do extremo esquerdo ou direito do ecrã emergia um quadrado negro (lançador) com 30, 60 ou 90 pixéis de lado, movendo-se com velocidades constantes de 270, 360 ou 450 px/s em direcção ao alvo. Ao contactar com o alvo, o movimento do lançador era interrompido e o alvo movia-se, na mesma direcção, a 1/3 da velocidade do lançador⁵². Após o

⁵² Nos estudos pioneiros de Michotte (1954/1963) verificou-se para esta razão de velocidade em particular (i.e., 1/3) uma maior sensação subjectiva de “causalidade”. A título de curiosidade, este dado empírico concorre com o princípio escolástico da Física medieval segundo o qual a magnitude do efeito é necessariamente inferior à intensidade da

alvo ter coberto uma distância de 30 ou 60 pixéis, ambos os quadrados desapareciam. A direcção do movimento foi contrabalançada e todas as animações criadas com o *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*.

Desenho e Procedimento. A experiência obedeceu a um desenho factorial de medidas repetidas 3 (Velocidade) \times 3 (Tamanho do Lançador) \times 2 (Distância percorrida pelo alvo) \times 2 (Direcção), com 2 replicações. Adicionalmente, cada participante completava uma de 3 tarefas: (i) localização do ponto de desaparecimento do alvo com o rato; (ii) localização com o ponteiro; (iii) juízos fenomenológicos (expressos numa escala numérica de formato 0-20). Em todas as tarefas, e para efeitos de estimação de parâmetros caso se verificasse uma regra de integração de média, parte dos participantes efectuava um bloco no qual o tamanho do lançador se mantinha constante (condição designada como “isolado”). Os participantes sentavam-se a cerca de 60 cm do ecrã, sem restrições de movimentos oculares ou de cabeça, mas instruídos a manterem uma postura estável e constante ao longo da experiência. Os participantes eram instruídos a observar atentamente o movimento dos quadrados e, nas condições de localização, quando os mesmos desaparecessem, a indicar, o mais precisamente possível, o local onde o alvo havia sido visto pela última vez (i.e., o seu local de desaparecimento). Um terço dos participantes respondia com o uso do rato, com o qual era controlado um cursor em forma de cruz (+) mostrado no ecrã no final de cada animação (condição rato). Outro terço tocava directamente no ecrã (condição ponteiro). Por fim, os restantes participantes deveriam indicar, numa escala de 0 a 20 quanto mais

causa (e.g., Jammer, 1957). De resto, este é um dos pontos que suporta a hipótese de que os juízos ingénios acerca da Física reproduzem epistemologicamente aspectos da Física Pré-Newtoniana.

esperavam que o alvo se movimentasse após os movimentos mostrados, sendo que 0 significava que o alvo não se moveria para além do ponto onde o viram desaparecer. Alguns ensaios de treino antecediam a experiência propriamente dita, de forma a garantir a compreensão da tarefa. A experiência foi implementada no ambiente *Super Lab 4.0*, com o qual eram apresentados os estímulos, recolhidas as respostas e aleatorizados os ensaios. Os estímulos foram apresentados num computador pessoal equipado com um ecrã táctil LCD, com uma taxa de refrescamento de 120 Hz e resolução de ecrã de 1024 × 768 pixéis.

Resultados

Na Figura 13 podem ser observados os gráficos factoriais Velocidade × Tamanho do lançador para a condição rato (Painel A), ponteiro (Painel B) e juízos fenomenológicos (Painel C e D; ver detalhes de clusters adiante). Em todos os casos é visível uma tendência global de paralelismo e um efeito de ambas as variáveis (denotado tanto pela separação vertical das linhas como pelo seu declive positivo).

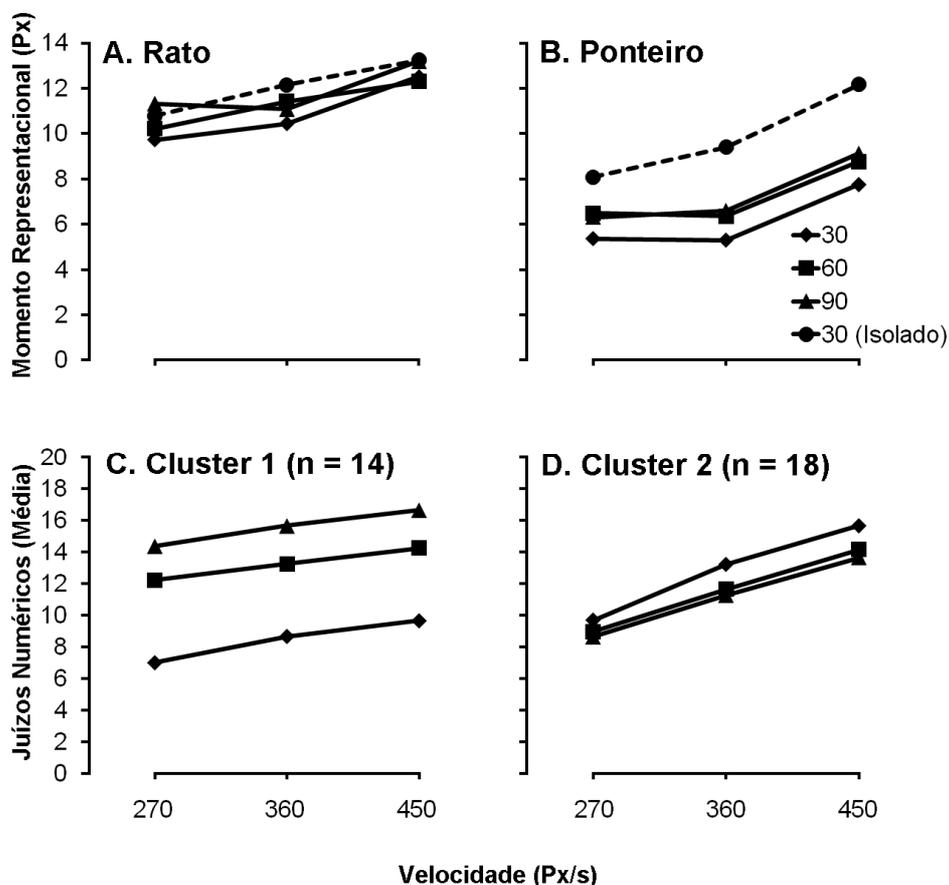


Figura 13 – Gráficos factoriais para Velocidade (Abcissa) × Tamanho do lançador (parâmetro de linha) para a condição rato (painel A), ponteiro (painel B) e juízos numéricos (painel C – *cluster* aditivo; painel D – *cluster* substractivo).

As análises estatísticas concordaram com a inspeção visual. Para as tarefas de localização, o tamanho do alvo atingiu um efeito significativo tanto na condição rato, $F(2, 42) = 4.861, p < 0.02$, como na condição ponteiro, $F(2, 42) = 7.909, p < 0.01$. Também em ambas as condições, a velocidade atingiu um efeito estatisticamente significativo: rato, $F(1.469, 30.842) = 17.482, p < 0.01$; ponteiro, $F(2, 42) = 40.252, p < 0.01$. A interação entre a Velocidade

e o Tamanho do lançador, por outro lado, não atingiram a significância estatística em nenhuma das condições de localização.

Para a condição de juízos numéricos, tanto a Velocidade, $F(1.186, 24.915) = 56.428$, $p < 0.01$, como o Tamanho do lançador, $F(1.035, 21.725) = 9.212$, $p < 0.01$, atingiram um efeito estatisticamente significativo. Por outro lado, a interação entre ambos revelou-se igualmente significativa, $F(4, 84) = 8324$, $p = 0.046$. Porém, conforme veremos, esta interação mostrou ser devida à presença de dois subgrupos heterogêneos de participantes.

No geral, para todas as condições, uma regra algébrica de integração de tipo aditivo foi estabelecida, segundo a qual o desfasamento espacial, nas tarefas de localização comportamental, ou o juízo acerca da distância que o alvo iria ainda percorrer antes de parar naturalmente, resulta de uma adição dos efeitos da velocidade e do tamanho do lançador.

No grupo de participantes que efectuaram os juízos numéricos, uma análise hierárquica de *clusters* revelou a presença de dois subgrupos de participantes, distinguindo-se entre si na ordenação dos efeitos do tamanho do lançador – para um dos subgrupos, esta variável apresentava um efeito decrescente na estimação da distância a percorrer pelo alvo. Com efeito, após a tarefa experimental, alguns participantes confessaram que lhes parecia natural que um objecto maior, quando tocasse no alvo, já não possuísse tanto ímpeto devido à fricção e, como tal, o alvo deveria percorrer uma distância menor.

Dado o estabelecimento de uma regra de integração de tipo aditivo, o teorema do paralelismo (cf. Anderson, 1981) autoriza o uso das médias marginais como medida intervalar do valor dos estímulos. Um primeiro resultado digno de nota obtido com estas medidas funcionais, refere-se à equivalência dos níveis de Velocidade ($r = 0.999$) e Tamanho ($r = 0.995$)

entre ambos os subgrupos da tarefa numérica, confirmando que somente a integração algébrica (sumativa vs subtractiva) da informação os distingue. Por outro lado, as medidas funcionais da Velocidade entre o subgrupo sumativo dos juízos numéricos e os grupos de localização, quer com rato ($r = 0.962$), quer com o ponteiro ($r = 0.975$), apresentam correlações significativas. Já a variável Tamanho apresenta correlações mais pobres (ainda que significativas) entre o subgrupo sumativo (juízos numéricos) e ambas as respostas de localização espacial: rato, $r = 0.934$; ponteiro, $r = 0.828$.

Discussão

Os resultados obtidos mostram que, em todas as modalidades de resposta, a integração entre a velocidade e o tamanho do alvo obedeceram a uma álgebra de tipo aditivo. Ainda que, devido ao facto de os juízos numéricos e as tarefas de localização terem sido efectuadas por participantes distintos, não seja possível garantir que o subgrupo subtractivo (no caso dos juízos numéricos) apresentasse essa mesma regra nas tarefas de localização, a inexistência de qualquer subgrupo subtractivo nestas últimas sugere que tal seria improvável. Em todo o caso, e dado que, na Física normativa, o momento resulta do produto entre a massa e a velocidade, a obtenção de uma regra aditiva em todas as modalidades suporta a noção de que o Momento Representacional reflecte uma física implícita mais próxima da sua apreensão intuitiva (isomorfismo de 2º grau) que da sua descrição normativa (isomorfismo de 1º grau).

Apesar de os valores funcionais para velocidade e tamanho terem apresentado ambos uma correlação significativa entre as tarefas de localização (rato e ponteiro) e os juízos fenomenológicos (respostas

numéricas), os respectivos valores de r sugerem que a equivalência dos valores funcionais é mais convincente na variável de cariz cinemático – a saber, a velocidade. Este dado pode ser indicativo de uma dissociação entre estes dois tipos de variáveis (cinemáticas *vs* dinâmicas). Dissociações entre modalidades de resposta motora e fenomenológica/cognitiva são bem conhecidas na literatura (especificamente, sob a forma de funções psicofísicas distintas; e.g., Proffitt, 2006) e têm dado corpo à ideia de que os objectivos do processamento visual (motor ou cognitivo) privilegiam vias de processamento distintas (Milner & Goodale, 1995). A nossa sugestão de que uma dissociação similar pode estar envolvida nas relações entre os valores funcionais de tarefas distintas (processos de valoração diferentes/iguais para variáveis dinâmicas/cinemáticas) pode vir a suportar a distinção que temos vindo a fazer ao nível da natureza das variáveis.

5.2. Estudo dos efeitos da massa II: a metáfora do momento revisitada

Cruzando os dados do estudo anterior com o enquadramento teórico revisto na primeira parte da presente tese (Estado da arte), é relativamente seguro afirmar que a massa percebida de um objecto se pode manifestar na magnitude do Momento Representacional, desde que integrada num evento dinâmico com consequências cinemáticas (e.g., gravidade representacional, eventos colisionais). Já a sua apresentação isolada não parece conduzir a um efeito significativo do desfasamento ou, pelo menos, tal é amplamente aceite na literatura. Contudo, não devemos descurar o reduzido número de estudos que efectivamente procuraram testar essa hipótese.

Dos estudos que conhecemos, o primeiro, de Cooper e Munger (1993), para além de recorrer a uma manipulação da massa percebida, na melhor das hipóteses, altamente simbólica, procurou um efeito da mesma num evento de rotação, cujo resultado não nos parece de todo favorável à emergência de efeitos significativos – enquanto que nos movimentos de translação, envolvendo portanto um momento linear, o papel da massa é relativamente acessível a um observador cognoscente (pelo menos nas suas manifestações cinemáticas como o sejam a Gravidade Representacional ou Efeito de Lançamento), os movimentos de rotação, implicando a noção de momento angular, apresentam-se como consideravelmente mais complexos⁵³. Por

⁵³ Um ponto que nos parece aqui relevante consiste na interacção motora com o próprio objecto. Por exemplo, na manipulação de objectos com massas distintas, os movimentos de rotação emergem como altamente relevantes (dado o funcionamento biomecânico das

outro lado, em dois estudos efectuados por Hubbard (1995; 1996), a massa percebida terá sido manipulada pela variação do tamanho do alvo⁵⁴. Também aqui a massa não pareceu repercutir-se significativamente no MR (para movimentos horizontais).

A metáfora do momento, a qual direccionou os estudos iniciais acerca do desfasamento terá sido, conseqüentemente, abandonada. A rigor, parece-nos que o abandono de tão profícua concepção traduziu mais uma mudança de perspectiva teórica do que um padrão de resultados nulos relativos ao papel da massa percebida. De resto, estes primeiros resultados não vieram a ser alvo nem de crítica nem de tentativas de replicação.

Na presente experiência, procuramos suprir esta lacuna, revisitando assim a metáfora do momento.

articulações). Neste contexto, a própria inércia rotacional (apreensível na sensação de “mobilidade”) parece ser uma variável relevante para a percepção da massa/peso (Shockley, 2009). Pelo contrário, numa situação em que somente informações visuais se encontram presentes, é difícil assumir à partida uma sensibilidade dos participantes ao momento angular de um objecto.

⁵⁴ Que variações do tamanho conduzem a interpretações acerca da massa dos objectos é sustentável dados (i) a conhecida ilusão de tamanho-peso (*size-weight illusion*), (ii) os estudos acerca da Gravidade Representacional em que variações do tamanho mimetizam os resultados da Física Intuitiva e (iii) o nosso estudo acerca do papel da massa em situações causais.

Experiência 5.2.I. Estudo da integração da massa e velocidade

Método

Participantes. Participaram na experiência 20 alunos (17 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra a troco de créditos curriculares. Todos os participantes possuíam visão normal ou corrigida para o normal e desconheciam os objectivos do estudo.

Estímulos. Os estímulos consistiam em animações de vídeo (formato .avi; 40 fps) mostrando um quadrado negro em movimento, com uma velocidade constante, sob um fundo branco. O quadrado possuía tamanhos de 20, 60 ou 90 pixéis de lado e viajava a uma velocidade de 180, 300, 420 ou 540 px/s. O quadrado emergia, de forma contrabalançada, do extremo esquerdo ou direito do ecrã e, após percorrer uma distância total de 593 pixéis, medida a partir do centro do alvo, desaparecia subitamente. Todas as animações foram criadas com o software *Interactive Physics 2004* e editadas com o *VirtualDub*.

Desenho, Procedimento e Análises. A experiência respeitou um desenho factorial de medidas repetidas dado por: 4 (Velocidade) \times 3 (Tamanho) \times 2 (Direcção do movimento), com duas replicações. No global o procedimento respeitou as condições ratio das experiências anteriores. Os dados recolhidos foram submetidos a uma ANOVA factorial de medidas repetidas com agregação dos ensaios através da variável direcção, respeitando um plano de 4 (Velocidade) \times 3 (Tamanho).

Resultados

Na Figura 14 apresenta-se o padrão factorial dos resultados obtidos. É possível constatar tanto um declive positivo das linhas como um afastamento vertical das mesmas, numa configuração grosseiramente paralela, suportando um efeito de ambas as variáveis. Os resultados estatísticos confirmam a inspecção visual, revelando um efeito estatisticamente significativo das variáveis Velocidade, $F(3, 57) = 41.013$, $p < 0.01$, e Tamanho, $F(2, 38) = 14.251$, $p < 0.01$, para além de uma ausência de interacções estatísticas.

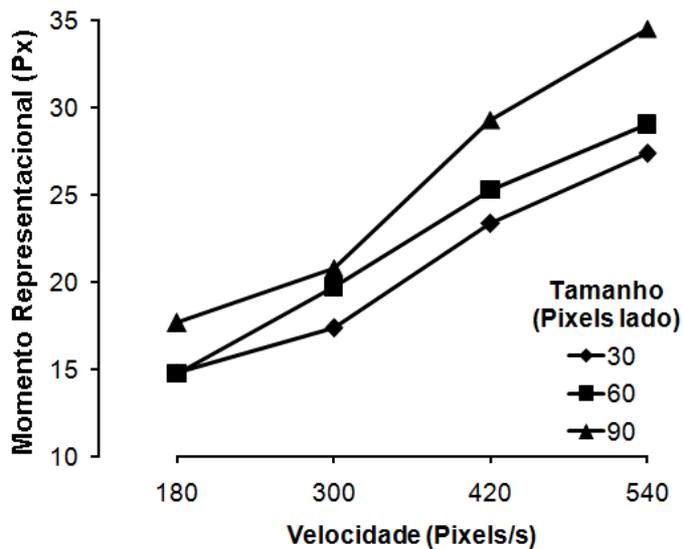


Figura 14 – Gráfico factorial Velocidade (abscissa) × Tamanho (parâmetro de linha) do erro de localização (Momento Representacional) de um objecto móvel.

Discussão

Dada a generalizada consensualidade de que a massa percebida não modula o Momento Representacional, os resultados obtidos resultam surpreendentes. Com efeito, encontramos um contraste com o relatado na literatura, especialmente nos estudos de Hubbard (1995; 1996), nos quais recorreu a uma metodologia similar à nossa. Em boa parte, porém, tal pode dever-se a pequenas diferenças na implementação experimental. A resolução do ecrã escolhida apresenta uma consequência, no sentido em que determina a precisão da medida de localização. Nos estudos de Hubbard a resolução horizontal seria de 800 pixéis, ao passo que no nosso a mesma foi de 1024 pixéis. Esta diferença pode reflectir-se numa medida mais fina das respostas e, logo, numa maior probabilidade de detectar positivamente um efeito de pequena magnitude.

À parte estas considerações metodológicas, o resultado significativo do tamanho do alvo, dada a sua manifesta singularidade, requer um maior escrutínio de forma a afastar potenciais *confoundings*. Ao aumentar o tamanho do alvo, uma consequência adicional consiste num decréscimo da diferença de áreas entre o alvo e a janela de visualização, aqui delimitada fisicamente pelo próprio monitor. São bem conhecidos efeitos perceptivos contextuais da velocidade envolvendo as razões de área entre alvos e janelas de visualização - Transposição de Velocidade (Snowden, 1999). Neste, objectos maiores ou janelas menores resultam num decréscimo da velocidade percebida em comparação com objectos menores (ou janelas maiores) com movimentos fisicamente similares. Dito de outra forma, um objecto maior aparenta mover-se a uma velocidade inferior a um objecto menor, quando visualizados numa janela similar. Dada a sensibilidade do Momento Representacional à velocidade dos objectos (aumento do MR com a velocidade dos alvos), poderia esperar-se que um eventual efeito do

tamanho se manifestasse em consonância com a Transposição de Velocidade. No nosso caso, a magnitude do MR variou proporcionalmente ao tamanho do alvo, precisamente ao contrário do que seria previsto caso a Transposição da Velocidade tivesse aqui um papel (em que alvos maiores seriam percebidos como mais lentos e, logo, com um menor MR).

Por outro lado, e dado que a tarefa solicita aos participantes que indiquem o centro geométrico do alvo no seu local de desaparecimento, poder-se-ia colocar a hipótese de que alvos maiores levariam a uma maior incerteza da localização do centro - tendo em conta que o Momento Representacional é ele mesmo um erro, não é de todo implausível assumir que uma maior incerteza na localização do centro geométrico favoreça um aumento da magnitude do erro de localização no sentido do movimento. A experiência seguinte procura testar esta hipótese, instruindo os participantes a indicarem o local de desaparecimento da aresta dianteira do alvo, ao invés do seu centro geométrico, mantendo assim constante a incerteza de localização através das variações de tamanho.

Experiência 5.2.II. Teste da hipótese de incerteza de localização espacial

Método

Participantes. Participaram na experiência 9 alunos (6 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra em troca de créditos curriculares. Todos os participantes possuíam visão normal ou corrigida para o normal e desconheciam os propósitos do estudo.

Estímulos. Os estímulos consistiam em quadrados negros animados de movimento contínuo. Os alvos possuíam 15, 30, 45 ou 60 pixéis de lado e deslocavam-se a velocidades constantes de 180, 300, 420 ou 540 px/s. Após percorrerem 593 pixéis de distância, medidos a partir da aresta dianteira (na direcção do movimento), os quadrados desapareciam subitamente. As animações foram criadas no ambiente *3D Studio Max*.

Desenho, Procedimento e Análises. A experiência respeitou um plano factorial de medidas repetidas 4 (Velocidade) \times 4 (Tamanho) \times 2 (Direcção). No global, o procedimento seguiu o da experiência anterior, com a diferença de que os participantes eram agora instruídos a indicar o local de desaparecimento dos alvos tomando como referência não o centro geométrico mas a aresta dianteira (na direcção do movimento). A análise dos dados obtidos seguiu um plano 4 (Velocidade) \times 4 (Tamanho).

Resultados

Na Figura 15 podem apreciar-se os resultados obtidos. Uma vez mais, constata-se uma separação vertical das linhas, um declive positivo das mesmas e um padrão global de quase paralelismo. Ambas as variáveis apresentaram efeitos estatisticamente significativos - Velocidade, $F(3, 24) = 6.302$, $p < 0.01$; Tamanho, $F(3, 24) = 77.57$, $p < 0.01$ - a par com uma ausência de interacção estatística.

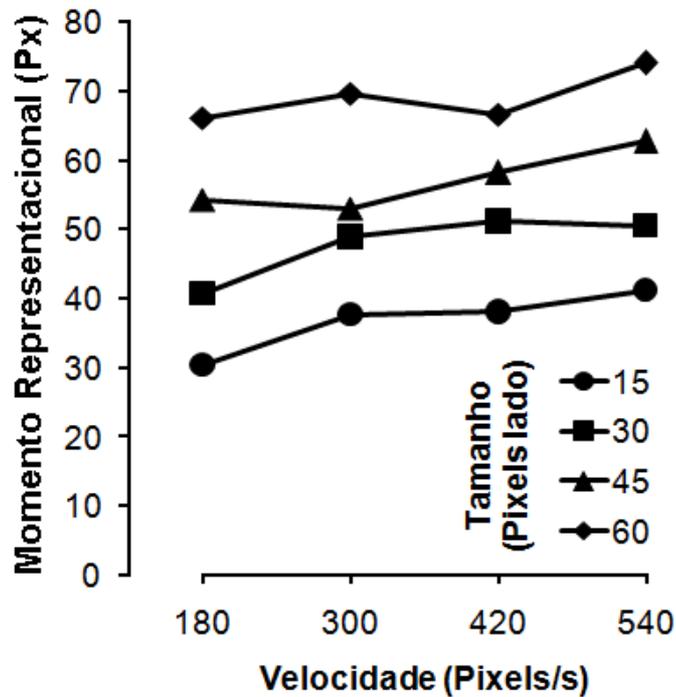


Figura 15 – Gráfico factorial Velocidade (Abcissa) × Tamanho (Parâmetro das curvas) para o erro de localização espacial (Momento Representacional) quando a resposta se refere à margem dianteira do alvo.

Discussão

Resulta claro, dos resultados apresentados, que a incerteza quanto à localização do centro não contribuiu para o efeito significativo obtido previamente para o tamanho do alvo, pelo que a hipótese de que tal efeito se deve à massa percebida é suportada. De resto, se alguma diferença emergiu do presente estudo em relação ao anterior foi um efeito mais pronunciado da variável tamanho. Podemos assim concluir que o tamanho do alvo, induzindo um valor de massa percebida, e contrariamente ao aceite na literatura, tem um efeito na magnitude do Momento Representacional.

5.3. A modulação motora da cinemática e da dinâmica: conexões fenomenológicas

Tomados no seu conjunto, os resultados empíricos apresentados até aqui, apontam para uma interacção entre a natureza, cinemática ou dinâmica, das variáveis manipuladas e o carácter, predominantemente motor ou perceptivo, das modalidades de resposta no Momento Representacional.

Por um lado, verificámos que as variáveis cinemáticas não apresentam um comportamento distinto consoante a modalidade de resposta, em consonância com a literatura. Efectivamente, é no padrão de resultados obtidos para as variáveis dinâmicas que a distinção parece emergir, com as variáveis dinâmicas a apresentarem um efeito nulo quando a modalidade de resposta é eminentemente motora. Dado que a hipótese de isomorfismo de 2º Grau (Hubbard, 2005) se procura referir predominantemente às variáveis de cariz dinâmico (envolvendo, portanto, mecanismos de alto-nível), a obtenção (paralela) de juízos numéricos (sobre os mesmos estímulos), de cariz fenomenológico, parece constituir (tendo em conta os dados apresentados até ao momento) uma mais-valia na interpretação dos padrões de dados obtidos para o MR. Finalmente, e em oposição ao que encontramos amplamente estabelecido na literatura, a massa do alvo, implicada pelo seu tamanho, apresenta um efeito significativo sobre o desfasamento espacial, não explicável por efeitos perceptivos de baixo nível. Mais ainda, o padrão de integração entre a massa (variável dinâmica), assim manipulada, e a velocidade (variável cinemática) parece ser aditivo, quer em eventos colisionais quer nos que envolvem um alvo isolado, destacando-se do padrão normativo do momento físico (multiplicativo).

Não obstante, nos estudos apresentados (i) o grau de envolvimento motor não foi manipulado sistematicamente para além do uso do rato ou do ponteiro, para além de que (ii) quando foram medidas, paralelamente, respostas fenomenológicas (juízos numéricos) aos mesmos estímulos, tal foi feito entre-sujeitos, o que de algum modo poderá limitar as conclusões.

Nas experiências seguintes a integração entre variáveis dinâmicas (representadas pela massa) e cinemáticas (velocidade), abarcando diferentes graus de envolvimento motor na resposta e recolha de juízos numéricos, será o principal ponto de foco.

Experiência 5.3.I. Modulação da integração de variáveis cinemáticas e dinâmicas pelo grau de envolvimento motor da resposta

Método

Participantes. 54 estudantes (49 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra voluntariaram-se para a experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e ignoravam os objectivos do estudo.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato .avi a 40 fps, foram usadas como estímulos. Nestas era mostrado um quadrado negro, com 30, 60 ou 90 pixéis de lado, a deslocar-se a uma velocidade constante de 150, 300 ou 540 pixéis/s. Após percorrer uma distância de 593 pixéis desde a margem do ecrã (de onde emerge), o quadrado desaparecia subitamente.

Desenho, Procedimento e Análises. A experiência respeitou um plano factorial de medidas repetidas 3 (Velocidade) \times 3 (Tamanho) \times 2 (Direcção)

× 2 (Resposta de localização/Juízo numérico) com 5 replicações. Cada participante completou duas tarefas – uma de localização motora e uma de juízos numéricos, cuja ordem foi contrabalançada – numa única sessão experimental. No que se refere à tarefa de localização, as instruções foram no essencial análogas às usadas nas experiências anteriores, com a excepção de que um terço dos participantes tocava directamente no ecrã (condição ponteiro), outro terço usava um rato para deslocar um cursor (+) no ecrã e os restantes usavam as teclas direccionais do teclado para o mesmo efeito. Na tarefa fenomenológica, os participantes eram solicitados a indicar, no final de cada animação, a força que estimavam ser necessária aplicar no alvo de forma a interromper o seu movimento (i.e., caso lhes fosse pedido que parassem o objecto, quanto esforço estimavam ser necessário para esse fim). Para darem as suas respostas, os participantes deveriam usar o rato para indicar um ponto numa escala visuo-analógica ancorada nos extremos esquerdo e direito com respectivamente, “*nenhum esforço/o alvo pararia naturalmente no ponto onde desapareceu*” e “*máximo esforço possível*”. Todas as tarefas eram antecedidas de alguns ensaios de treino de forma a garantir a compreensão da tarefa. A apresentação e aleatorização dos estímulos, bem como a recolha das respostas foram efectuadas num computador pessoal equipado com o *Super Lab 4.0*, um ecrã táctil LCD de resolução 1024 × 768 pixéis e a 120 Hz de refrescamento, um rato sem fios e um teclado.

Resultados

Os dados obtidos com as tarefas de localização foram analisados com uma ANOVA mista com o envolvimento motor (teclado/rato/ponteiro) como variável entre-sujeitos; os juízos numéricos foram submetidos a uma ANOVA de medidas repetidas.

Na Figura 16 apresentam-se os gráficos factoriais Velocidade × Tamanho para as 4 condições. Tanto a separação vertical das linhas como o seu declive positivo assinalam um efeito de ambas as variáveis. De forma geral, é possível observar um padrão de paralelismo em todos os gráficos, indicando uma regra de integração aditiva comum. Finalmente, é possível constatar que a dispersão vertical das linhas é contingente à modalidade de resposta, nomeadamente, com a condição ponteiro a apresentar uma menor dispersão vertical, seguida do rato, teclado e, finalmente, dos juízos numéricos.

É igualmente de notar que os intervalos entre as diferentes linhas tendem a ser maiores entre os dois primeiros níveis na tarefa de juízos fenomenológicos, mas menores entre os dois últimos para as tarefas de localização.

Os resultados das análises estatísticas concordam com a inspecção visual. Para as tarefas de localização, tanto a Velocidade, $F(2, 102) = 43.881, p < 0.05$, como o Tamanho, $F(2, 102) = 52.140, p < 0.05$, atingiram o nível da significância estatística, sem indicações de interacção entre ambos. O grau de envolvimento motor (manipulado pelas diferentes modalidades de localização) não apresentou um efeito principal significativo nem interagiu com a Velocidade, mas apresentou um nível estatisticamente significativo na sua interacção com o Tamanho do alvo, $F(4, 102) = 3.474, p < 0.05$.

Para os juízos numéricos, tanto a Velocidade, $F(2, 106) = 151.512, p < 0.05$, como o Tamanho, $F(2, 106) = 196.686, p < 0.05$, atingiram, de igual forma, o nível de significância estatística.

Determinantes Dinâmicos do Momento Representacional

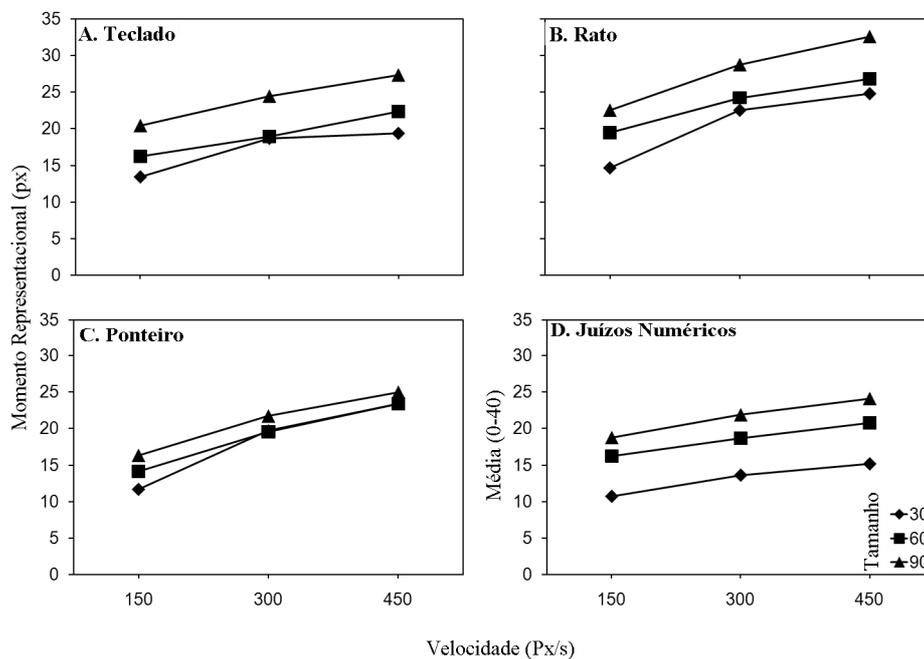


Figura 16 – Gráficos factoriais Velocidade (abscissa) × Tamanho (parâmetro das curvas) para a localização espacial com teclado (painel A), rato (painel B), ponteiro (painel C) e juízos numéricos de esforço (painel D).

Contrariamente ao que acontece com os modelos algébricos de média (Anderson, 1981; 1982), que permitem estimar parâmetros absolutos de peso/importância para as diferentes variáveis envolvidas na integração (dado um desenho experimental adequado), tal não é possível com modelos sumativos, como o que se verifica no caso presente. Não obstante, é possível a obtenção de um índice de peso relativo. Numa tarefa de integração, com a qual se obtém efectivamente um mapeamento da multidimensionalidade dos factores numa escala de resposta linear (o que, conforme já referimos, implica a introdução de uma métrica comum por parte dos participantes), a amplitude de variação da resposta para cada factor é proporcional à

importância desse factor. Assim, o rácio da amplitude de respostas para cada um dos factores deverá traduzir o peso relativo de um face ao outro. Para que o índice de amplitude relativa (*Relative Range Index*; RRI) possa ser devidamente interpretado, três condições devem verificar-se, a saber: (i) a escala de resposta deve ser linear, (ii) um modelo aditivo deve verificar-se e (iii) a amplitude de variação de cada factor deve cobrir a sua amplitude dinâmica natural. Destas, somente as duas primeiras se verificam no caso presente. O terceiro requisito, devido à natureza das variáveis manipuladas, que não possuem um máximo natural, não é possível de satisfazer, qualquer que seja o conjunto de estímulos utilizado. Esta limitação traduz-se na impossibilidade de determinar, a partir do RRI, qual das variáveis possui um maior peso numa determinada modalidade de resposta. Contudo, e visto que o mesmo conjunto de estímulos foi usado consistentemente em todas as tarefas, a variação do RRI entre as tarefas pode ser averiguada com resultados interpretáveis.

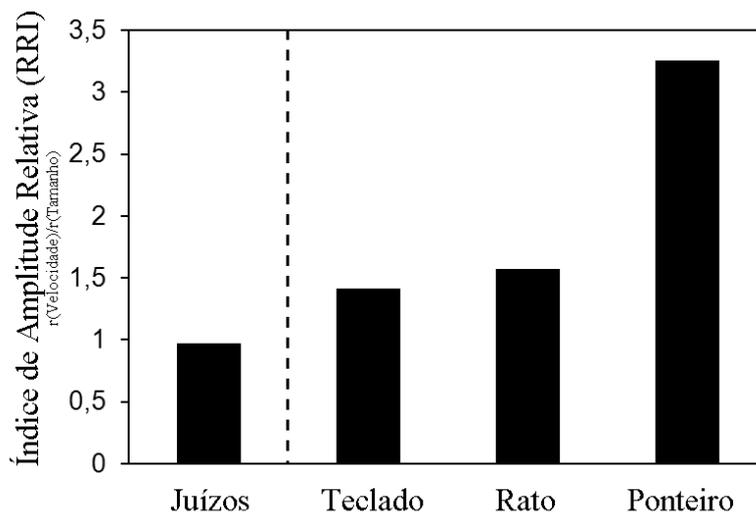


Figura 17 – Índices de amplitude relativa (RRI: amplitude Velocidade/amplitude Tamanho) para os juízos de esforço e para a localização espacial com teclado, rato e ponteiro.

Na Figura 17 apresentamos os valores do RRI para as diferentes tarefas, sendo que valores maiores assinalam uma subida da importância relativa da Velocidade face ao Tamanho. É óbvia uma subida do RRI quando se consideram as tarefas de localização, face à tarefa de juízos numéricos e, dentro das primeiras, à medida que aumenta o grau de envolvimento motor na resposta. Testes *t* emparelhados revelaram uma diferença significativa no RRI entre juízos numéricos e uso do rato, $t(17) = 3.531$, $p < 0.05$, e do ponteiro, $t(17) = 4.055$, $p < 0.05$, mas não com o uso do teclado. Por outro lado, uma ANOVA unifactorial efectuada sobre as tarefas de localização revelou um efeito principal significativo, $F(2, 53) = 5.302$, $p < 0.05$. Testes *post-hoc* mostraram que o uso do ponteiro se distinguia significativamente tanto do uso do rato como do teclado ($p < 0.05$), sendo que estes últimos não se distinguiam entre si.

Discussão

Os resultados, em primeiro lugar, replicaram com sucesso os efeitos e padrão obtidos pela manipulação do tamanho do alvo na experiência anterior. Podemos, com segurança, estabelecer a validade de um padrão de integração aditivo entre a velocidade e a massa percebida. Formalmente,

$$\rho = f(V) + g(M) \quad (8)$$

em que ρ se refere à resposta (seja a magnitude do Momento Representacional ou um juízo numérico de esforço/força), V ao valor de velocidade do alvo, M à massa implicada pelo tamanho do alvo e f e g são funções psicofísicas de valoração.

A regra exposta na equação 8 é tão mais relevante quanto (i) se distingue formalmente da lei normativa do momento (multiplicativa) e (ii) se mostra invariante para as diferentes tarefas estudadas. Com efeito, os juízos numéricos, referindo-se ao esforço, traduzem uma experiência corporalizada (*embodied*) do momento físico – a obtenção da mesma álgebra para as tarefas de localização, sugere um isomorfismo, tal como proposto por Hubbard (2005), entre aspectos cognitivos de nível superior e o Momento Representacional.

Por outro lado, a variação observada da importância relativa das variáveis manipuladas sugere uma impermeabilidade das modalidades motoras ao efeito de variáveis dinâmicas, suportando a hipótese de que o Momento Representacional privilegia mecanismos de percepção-para-o-reconhecimento, quando a modalidade de resposta é eminentemente perceptual, ou de percepção-para-a-acção quando a modalidade de resposta é predominantemente motora. De forma relevante, os dados sugerem ainda uma sensibilidade do MR a variáveis cinemáticas e dinâmicas no primeiro caso – percepção-para-o-reconhecimento –, mas preferencialmente cinemáticas para o segundo – percepção-para-a-acção.

Experiência 5.3.II. Manipulações adicionais da massa e medidas fenomenológicas

De forma a expandir o escopo da abordagem seguida na experiência anterior, na presente, para além da manipulação pelo tamanho, a massa sugerida foi igualmente manipulada pela introdução de texturas (isto é, através de indicações sobre a densidade do alvo).

Por outro lado, e para além dos juízos de esforço, foi incluída uma segunda tarefa de estimação numérica – o tempo necessário para o término do movimento. Os juízos de esforço implicam, por parte do participante, que se considere uma situação na qual existe uma interacção activa (motora) com o evento observado – neste sentido, tais avaliações colocam em jogo uma avaliação cognitiva corporalizada (*embodied cognition*). A observação de que esta avaliação apresenta um isomorfismo com a medida do MR é, em si mesma, relevante para a própria conceptualização deste último. Contudo, este ponto só é pautado de relevância na medida em que esse isomorfismo emerge exclusivamente em relação a juízos referentes a interacções activas (corporalizadas). A observação de um isomorfismo similar com juízos fenomenológicos que não envolvessem essa dimensão de acção diminuiria consideravelmente o escopo de interpretações teóricas. Ao contemplar a estimação do tempo necessário para que o movimento do alvo termine naturalmente (i.e., na ausência de qualquer intervenção activa), a presente experiência permite assim opor a juízos fenomenológicos referentes a interacções activas (interromper voluntariamente o movimento e estimar o esforço necessário) um equivalente referente à observação passiva dos eventos (estimação do tempo necessário para que o alvo pare por si mesmo). De igual forma, possibilita ainda uma comparação de ambos esses juízos com a medida do MR, potencialmente esclarecendo o escopo e natureza das dimensões cognitivas sujeitas ao hipotético isomorfismo.

Método

Participantes. 127 estudantes (104 do sexo feminino) da Universidade de Coimbra participaram na experiência. Todos possuíam visão normal ou corrigida para o normal e desconheciam os objectivos da tarefa.

Estímulos. Um conjunto de animações, em formato vídeo (avi), representando uma esfera tri-dimensional em movimento horizontal (sem rotação). As esferas deslocavam-se a uma velocidade de 150, 300 ou 450 px/s e ocupavam uma área no ecrã correspondente a 30, 60 ou 90 px² (logo, diâmetros de cerca de 6.18, 8.74 e 10.7 px, respectivamente)⁵⁵. Finalmente, cada esfera possuía uma de três possíveis texturas – esponja, madeira ou metal. A manipulação factorial do tamanho e textura possibilita assim a variação sistemática de duas informações de massa: a primeira pelo volume percebido; a segunda pela densidade. As esferas emergiam do extremo esquerdo do ecrã, cobrindo uma distância de 590 pixéis antes de desaparecerem subitamente. As esferas texturadas foram criadas com o *3D Studio Max*, animadas no *Interactive Physics 2004* e os vídeos editados no *Virtual Dub*.

Desenho, Procedimento e Análises. A experiência respeitou um plano factorial de medidas repetidas 3 (Velocidade) × 3 (Tamanho) × 3 (Textura) × 2 (Resposta de localização/Juízo numérico), com 4 replicações. Cada participante completou duas tarefas – uma de localização motora e uma de juízos numéricos – numa única sessão experimental, cuja ordem foi contrabalançada.

As tarefas de localização foram em tudo similares às da experiência anterior. No caso dos juízos numéricos, cada participante completou uma de duas tarefas. A primeira, envolvendo juízos de esforço, foi em tudo semelhante à da experiência anterior. Na segunda, os participantes eram solicitados a indicar quanto tempo, após a animação mostrada, esperavam que a esfera continuasse o seu movimento antes de parar naturalmente (e.g., devido ao

⁵⁵ As texturas foram ajustadas de forma a manter a mesma resolução, garantindo assim que, mesmo para os alvos mais pequenos, essas eram igualmente discrimináveis e identificáveis.

atrito). De forma similar aos juízos de esforço, os participantes forneciam as suas respostas usando escala visuo-analógica, mostrada no ecrã. Todas as tarefas eram antecedidas de alguns ensaios de treino de forma a garantir a compreensão da tarefa.

Resultados

Para as respostas de localização, as diferenças entre os locais indicados pelos participantes e as posições dos alvos no momento em que desapareciam foram calculadas e submetidas a uma ANOVA factorial mista com a modalidade de resposta como factor entre-sujeitos. Os juízos numéricos, por outro lado, foram submetidos a duas ANOVAs factoriais distintas, para cada uma das dimensões avaliadas.

Juízos Numéricos. Na Figura 18 encontram-se representados os gráficos factoriais para as duas dimensões de juízos numéricos: de esforço, na coluna da esquerda, e de tempo, na coluna da direita. Os painéis A e B ilustram a relação Velocidade \times Tamanho, os painéis C e D Velocidade \times Textura e os painéis E e F Tamanho \times Textura.

Por inspecção visual, resulta notório o paralelismo na integração Velocidade \times Tamanho para os juízos de esforço (painel A), em contraste com o padrão do tipo leque-linear (com divergência das linhas para direita) para os juízos de tempo (painel B). Mais especificamente, é possível verificar que aumentos no Tamanho do alvo resultam em subidas das estimativas de esforço mas num decréscimo nas estimativas de tempo. Quanto aos gráficos envolvendo a variável Textura, padrões em leque linear emergem tanto para Velocidade como Tamanho (Painéis C e E) quando a dimensão avaliada é o

esforço. Por outro lado, quando a dimensão avaliada se refere ao tempo, verificam-se invariavelmente padrões de paralelismo (painéis D e F).

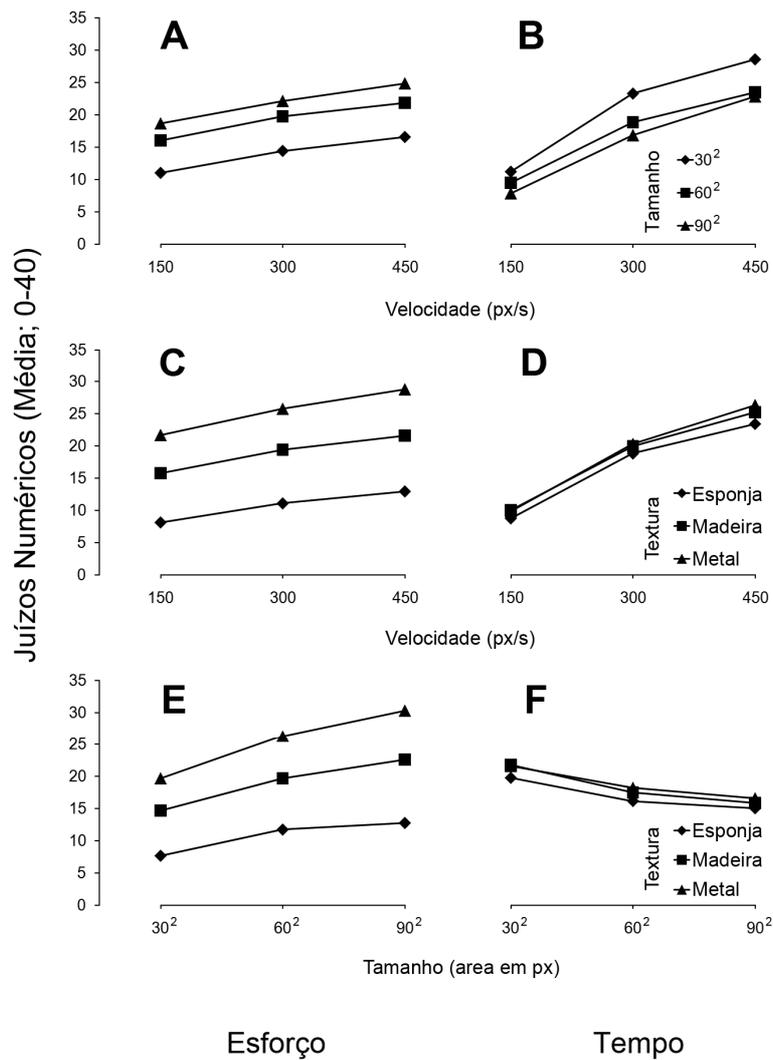


Figura 18 – Gráficos factoriais Velocidade × Tamanho (painéis A e B), Velocidade × Textura (painéis C e D) e Tamanho × Textura (painéis E e F) para os juízos numéricos de esforço (coluna esquerda) e tempo (coluna direita).

As análises estatísticas suportam as conclusões da inspeção visual. Todos os factores principais apresentaram efeitos estatisticamente significativos: esforço – Velocidade, $F(2, 154) = 102.294$, $p < 0.00$, Tamanho, $F(2, 154) = 132.996$, $p < 0.00$, Textura, $F(2, 154) = 202.320$, $p < 0.00$; tempo – Velocidade, $F(2, 154) = 189.672$, $p < 0.00$, Tamanho, $F(2, 154) = 65.530$, $p < 0.00$, Textura, $F(2, 154) = 5.899$, $p < 0.00$. No que se refere às interações estatísticas, Velocidade \times Textura, $F(4, 308) = 6.166$, $p < 0.00$, e Tamanho \times Textura, $F(4, 308) = 29.305$, $p < 0.00$, revelaram-se significativas na dimensão esforço, e localizadas, em ambos os casos, no componente linear-linear: Velocidade \times Textura, $F(1, 77) = 18.99$, $p < 0.00$; Tamanho \times Textura, $F(1, 77) = 65.704$, $p < 0.00$. Por outro lado, Velocidade \times Tamanho, $F(4, 192) = 4.622$, $p < 0.00$, foi a única interacção a atingir um efeito significativo na dimensão tempo (contraste linear-linear, $F(1, 48) = 6.681$, $p < 0.02$).

A assinatura estatística de um modelo de integração multiplicativo consiste na significância estatística da interacção, concentrada, além do mais, no componente linear-linear. Adicionalmente, e conforme já exemplificado em experiências anteriores, um modelo multiplicativo deverá capturar todas as fontes de variação presentes nos dados de forma a não deixar efeitos significativos nos resíduos. Este ponto pode ser analisado no programa CALSTAT (Weiss, 2006) e constitui um teste robusto para a validade do modelo multiplicativo. No presente caso, verificou-se precisamente uma ausência de efeitos nos resíduos ($F < 1$) para todos os caso reportados de interacções.

No conjunto, os resultados obtidos sustentam assim a presença de padrões de integração distintos para ambas as dimensões de juízos numéricos. Assim, para as estimativas de esforço requerido para uma paragem activa do alvo, os juízos numéricos parecem resultar da seguinte Lei Psicológica:

$$Esforço = (Velocidade + Tamanho) \times Textura \quad (9)$$

Da mesma forma, e por contraste, para as estimativas de tempo necessário até que o alvo pare o seu movimento, prevalece a seguinte regra:

$$Tempo = \frac{Velocidade}{Tamanho} + Textura \quad (10)$$

Esta dissociação entre uma dimensão eminentemente *activa* (esforço) de uma outra *passiva* (tempo), encontra-se em concordância com o chamado Axioma do Propósito (cf. Anderson, 1981): qualquer mecanismo de percepção, cognição e/ou acção é, em última análise, orientado para objectivos concretos. É este enfoque nos objectivos que possibilita o mapeamento de situações determinadas por vários factores numa avaliação uni-dimensional de resposta (integração). Discutimos já de que forma esta tarefa implica a introdução de uma métrica por parte do participante, possibilitando não só uma medida substantiva das avaliações subjectivas como esclarecimento de uma álgebra de integração. Que uma situação envolvendo um juízo que pressupõe uma acção se diferencia em termos de padrões de integração de um juízo que somente implica uma observação passiva do evento, suporta, neste âmbito, métricas subjectivas distintas (bem como propósitos diferentes). Esta mesma dissociação permite fundamentar qualquer isomorfismo entre juízos fenomenológicos e o MR, consoante os próprios padrões observados para este último.

Respostas de localização espacial (Momento Representacional; MR). Uma vez que os dados obtidos nas modalidades de resposta com rato e com teclado não apresentaram diferenças significativas numa análise preliminar, optou-se pela sua agregação sob a designação de modalidades “indirectas”, por oposição à modalidade “directa” dada pelo uso do ponteiro, na análise estatística. Assim, na Figura 19 apresentam-se os gráficos factoriais

Determinantes Dinâmicos do Momento Representacional

Velocidade × Tamanho (painéis A e B), Velocidade × Textura (painéis C e D) e Tamanho × Textura (painéis E e F) para as respostas indirectas (coluna esquerda) e directas (coluna direita).

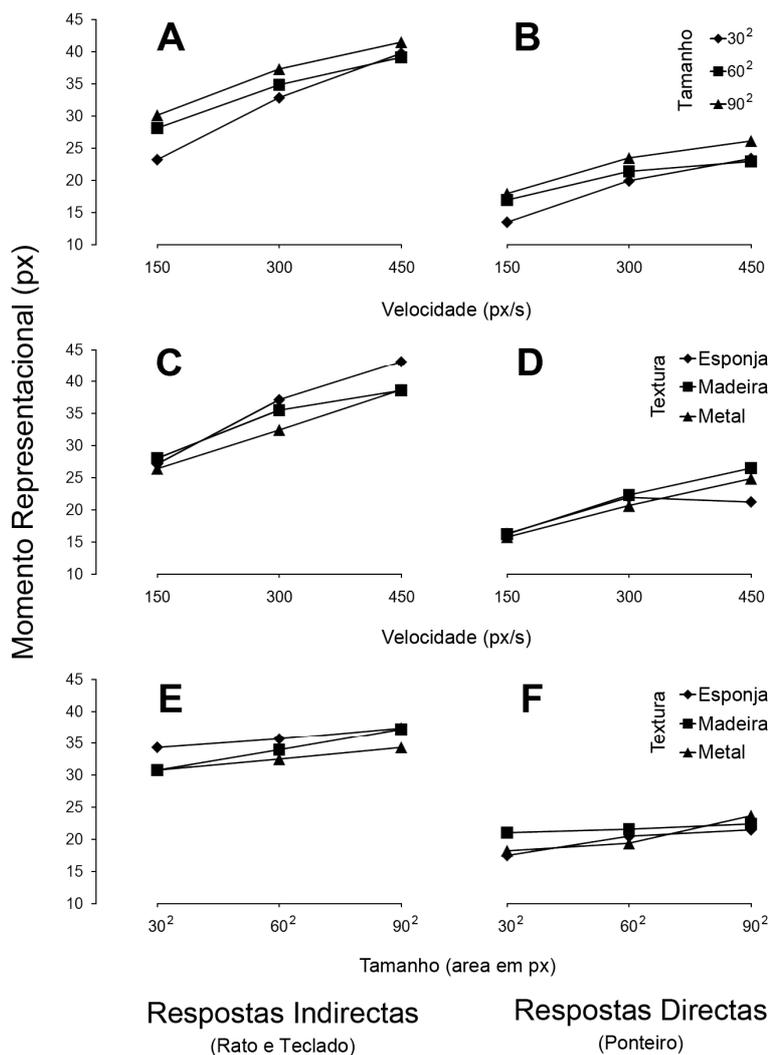


Figura 19 - Gráficos factoriais Velocidade × Tamanho (painéis A e B), Velocidade × Textura (painéis C e D) e Tamanho × Textura (painéis E e F) para as tarefas de localização motora indirectas (coluna esquerda) e directas (coluna direita).

De forma global, a inspecção visual sugere um paralelismo grosseiro em todos os padrões factoriais. O reduzido espaçamento vertical das linhas correspondentes às diferentes Texturas para a modalidade directa (painéis D e F) sugere um efeito reduzido ou nulo. Já para as respostas indirectas, a Textura exhibe um efeito decrescente com o aumento da densidade característica dos materiais representados.

Uma vez mais, as análises estatísticas revelaram-se congruentes com a inspecção visual. Uma ANOVA geral mista (modalidades indirectas e directa como factor entre-sujeitos) revelou somente uma interacção estatística entre Textura e modalidade de resposta, $F(2, 250) = 6.453, p < 0.00$. Uma ANOVA de medidas repetidas conduzida sobre as modalidades indirectas revelou efeitos principais significativos de todas as variáveis – Velocidade, $F(2, 168) = 28.063, p < 0.00$, Tamanho, $F(2, 168) = 11.914, p < 0.00$, Textura, $F(2, 168) = 13.627, p < 0.00$ – bem como duas interacções estatisticamente significativas – Velocidade \times Tamanho, $F(4, 336) = 2.621, p < 0.05$, e Velocidade \times Textura, $F(4, 336) = 2.866, p < 0.05$. Contudo, o reduzido valor de η^2 (0.003 em ambos os casos) destas interacções, conjugado com o facto de as mesmas não atingirem a significância estatística em ANOVAs separadas para as modalidades rato e teclado, permitem pensar que se tratam, em larga medida, de interacções irrelevantes, provavelmente resultantes de alguma não-linearidade residual da resposta. Quanto à modalidade directa, a ANOVA não revelou qualquer interacção estatística, mas apenas efeitos principais das variáveis Velocidade, $F(2, 82) = 13.034, p < 0.00$, e Tamanho, $F(2, 82) = 6.616, p < 0.00$ (a Textura não apresentou efeitos significativos).

Tomados globalmente, estes resultados dão suporte à existência de regras de integração formalmente similares entre as modalidades de resposta directa e indirecta, excepto no que se refere à sensibilidade à variável Textura (a qual

não apresenta efeitos significativos na localização directa). A seguinte Lei Psicológica de Integração parece, assim, capturar a estrutura invariante dos dados:

$$MR = Velocidade + Tamanho - Textura \quad (11)$$

Uma vez mais, ao contrário de um modelo de integração de média, a possibilidade de estimação da importância dos factores restringe-se à avaliação do seu peso relativo – Índice de Amplitude Relativa (RRI) (ver discussão na experiência 3.7.I.). No presente conjunto de dados, computámos o valor de RRI entre Velocidade e Tamanho separadamente para as três modalidades de localização espacial. Na Figura 20 encontram-se representados os resultados obtidos. Uma ANOVA unifactorial efectuada sobre os valores de RRI revelou uma tendência significativa para as respostas mais directas (ponteiro) resultarem num maior RRI, $F(2, 124) = 5.091$, $p < 0.00$ (contraste linear: $F(1, 124) = 9.063$, $p < 0.00$), sinalizando um aumento da importância da Velocidade relativamente ao Tamanho.

Discussão

Os resultados previamente obtidos para a massa implícita do alvo, pela variação do tamanho, foram replicados na presente experiência, sendo que alvos maiores conduziram a maiores magnitudes do MR. Por outro lado, a manipulação adicional da massa, pela introdução de texturas (sugestão de diferentes densidades), resultou num efeito significativo mas somente para as respostas de localização indirectas (teclado e rato) e, de forma curiosa, inversamente proporcional à densidade implícita – isto é, alvos com textura de esponja resultaram em MR superiores, seguidos das texturas de madeira e, finalmente, metal.

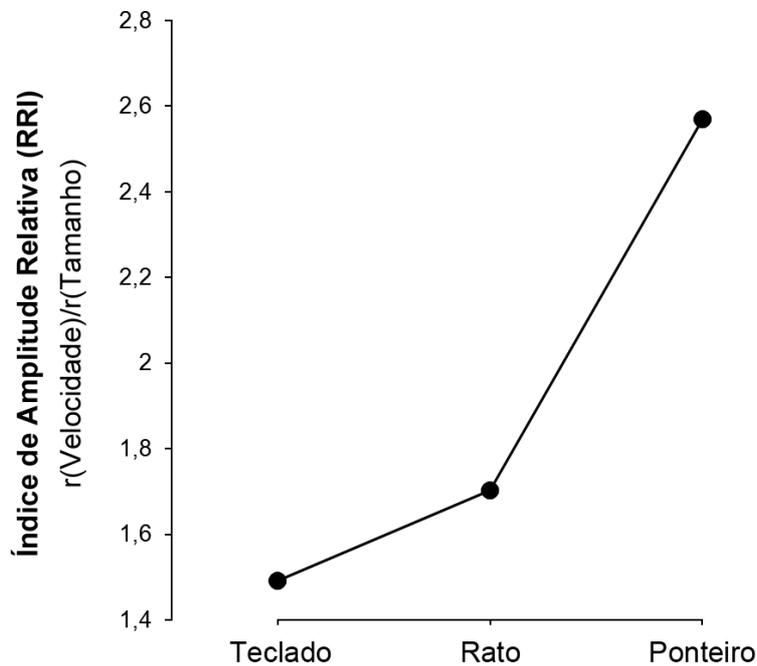


Figura 20 – Índice de Amplitude Relativa (RRI: amplitude da Velocidade/amplitude do Tamanho) em função da modalidade de resposta de localização espacial.

Por um lado, a ausência de efeitos da textura na modalidade de resposta directa (ponteiro), a par com o peso relativo acrescido da velocidade (face ao tamanho) nesta modalidade (replicando os resultados da experiência anterior), suporta a hipótese, previamente discutida, de que a localização directa é relativamente impermeável a variáveis dinâmicas. Por outro lado, o padrão de resultados sugere que a apreensão da massa (nas modalidades de resposta indirecta) resulta de uma mescla de noções intuitivas pois, se por um lado, o tamanho do alvo resulta numa variação do MR congruente com o momento físico, o efeito da textura parece induzir a expressão de noções de

atrito/fricção (objectos mais “pesados” estariam aqui mais sujeitos à fricção e, logo, resultariam num menor MR). Este carácter miscelâneo do funcionamento das variáveis associadas à massa concorre não só com algumas discussões no âmbito da Física Ingénua (Millar & Kragh, 1994; diSessa 1982; Collins & Gentner 1987) mas também com a distinção cinemático *vs* dinâmico e respectivo processamento perceptivo ou cognitivo.

De resto, e no mesmo sentido, uma inversão similar dos efeitos da massa foi observada nos juízos numéricos. Quando a dimensão de avaliação se referia ao esforço para interromper o movimento do objecto, a magnitude dos juízos mostrou-se proporcional ao tamanho dos alvos. Contudo, quando a dimensão de avaliação se referia ao tempo estimado do movimento, os participantes indicavam que alvos maiores paravam mais cedo (indicando a noção de maior fricção para estes). Por contraste, em ambas as dimensões a textura dos objectos resultava em juízos numéricos superiores para maiores densidades sugeridas.

No global, resulta claro que as diferentes instanciações da variável massa são susceptíveis a diferentes interpretações, contrárias entre si (momento *vs* fricção), as quais concorrem na determinação conjunta do MR (penetrabilidade cognitiva) ou de juízos fenomenológicos. Por contraste, as variações da velocidade do alvo conduziram invariavelmente a proporcionais juízos numéricos e MR. Esta observação sustenta não só o carácter cinemático *vs* dinâmico das variáveis envolvidas bem como o processamento preferencial perceptivo ou cognitivo, respectivamente.

No que se refere aos padrões de integração observados, em nenhuma das tarefas (juízos numéricos e localização espacial) emergiu uma regra isomórfica ao momento físico normativo (multiplicação entre velocidade e massa), afastando a hipótese de internalização directa do momento. Contudo, e em concordância com os resultados obtidos na experiência

anterior, a integração entre velocidade e tamanho mostrou-se equivalente entre os juízos de esforço e MR. Este ponto reveste-se, contudo, de maior relevância na presente experiência pois tal isomorfismo não foi observado para os juízos de tempo. Na linha do exposto anteriormente, em que as dimensões de esforço e tempo se distinguem na medida em que requerem ou não (respectivamente) uma antecipação de interação com o alvo, o MR parece assim sensível a este carácter interactivo/motor. Este isomorfismo concorre para a conceptualização do MR enquanto fenómeno de cognição/percepção corporalizada (*embodiment*).

Não obstante, o papel diferencial que a textura assume nos padrões de integração obtidos para os juízos numéricos e respostas de localização espacial sugere que a hipótese de isomorfismo de 2º grau (Hubbard, 2005) só parcialmente é suportada – se o MR fosse isomórfico às estruturas cognitivas subjacentes aos juízos de Física Intuitiva, esperar-se-ia a obtenção de padrões de integração equivalentes para (pelo menos uma das) dimensões fenomenológicas e respostas de localização. Contudo, um mecanismo de simplificação pode estar envolvido na determinação dos padrões de integração do MR. Em primeiro lugar, os estudos desenvolvimentais efectuados com a TII (cf. e.g., Anderson, 1996) têm demonstrado consistentemente que os padrões aditivos precedem ontologicamente os padrões multiplicativos – alegadamente, demonstrando o carácter mais simples dos primeiros⁵⁶. Nos nossos resultados, ambas as integrações multiplicativas obtidas para os juízos numéricos (a saber, a divisão entre velocidade e tamanho para os juízos de tempo e a multiplicação da textura pela velocidade e tamanho nos juízos de esforço)

⁵⁶ Especialmente o padrão de média (caso particular de um padrão aditivo) tem sido referido como a regra de integração por defeito (*default*) na cognição humana (Anderson, 1996).

desaparecem nas medidas do MR, dando lugar, em ambos os casos, a padrões aditivos.

No mesmo sentido, análises exploratórias posteriores efectuadas sobre os padrões de integração individuais fornecem um outro dado a favor desta hipótese (mecanismo de simplificação). Uma análise de *clusters* (método: vizinho mais distante; medida: quadrado da distância euclidiana; estandardização: z, feita por participante) efectuada sobre os juízos de esforço (com uma álgebra funcional mais próxima da obtida para o Momento Representacional) revelou a presença de dois subgrupos de participantes: um primeiro (*cluster 1*) no qual a regra de integração acima apresentada (equação 9) emerge claramente; um segundo (*cluster 2*) no qual a Textura funcionava de forma aditiva em combinação tanto com a Velocidade como com o Tamanho. Curiosamente, para as respostas de localização espacial (MR), estes dois subgrupos apresentaram, igualmente, padrões de integração distintos: se, por um lado, o *cluster 1* apresenta um padrão em tudo similar aquele encontrado para o grupo global (equação 11; aditivo para todas as variáveis), o *cluster 2* apresenta somente efeitos da velocidade (um caso de não integração). Assumindo que às tarefas de juízos numéricos subjaz uma física ingénuia explícita, e às tarefas de localização um equivalente implícito, constata-se uma simplificação sistemática das regras de integração entre estas duas modalidades. Se, além do mais, recuperarmos a distinção entre variáveis cinemáticas e dinâmicas, é possível obter o esquema da Figura 21. Neste, as setas a tracejado indicam a direcção bi-dimensional do mecanismo de simplificação: invariavelmente, as regras de integração tendem a ser simplificadas (na direcção de uma prevalência do efeito das variáveis cinemáticas) na passagem dos juízos fenomenológicos (física ingénuia explícita) às respostas de localização (física ingénuia implícita). Por um lado, esta simplificação é contingente a diferenças individuais, reveladas pela presença de subgrupos de participantes distintos.

Por outro, e a título de hipótese rebate-se na polarização entre percepção-para-o-reconhecimento e percepção-para-a-acção. Esta esquematização deverá aguardar estudos empíricos adicionais que a sustentem ou refutem, revelando assim o valor heurístico da mesma.

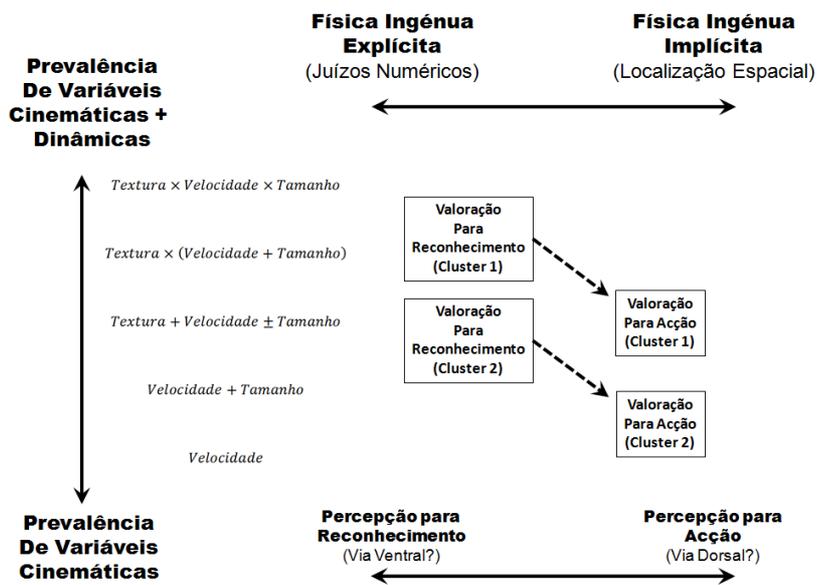


Figura 21 – Representação bi-dimensional da localização dos *clusters*, em função da tarefa (juízos numéricos/localização espacial) e da natureza prevalentemente dinâmica ou cinemática das variáveis.

6. CONCLUSÃO: O CARÁCTER DIGITAL E ANALÓGICO DO MOMENTO REPRESENTACIONAL

God joins us together by means of the body, in consequence of the laws of the communication of movements. He affects us with the same feelings in consequence of the laws of the conjunction of body and soul.

(Nicholas Malebranche)

Apresentámos no início da presente dissertação uma breve revisão das conceptualizações teóricas que têm guiado a investigação em torno do Momento Representacional. Procurámos, dessa forma, assinalar a sua polarização em torno de duas interpretações – a do Momento Representacional enquanto representação cognitiva analógica e a do Momento Representacional enquanto mecanismo de percepção-para-a-acção. Com efeito, um ponto recorrente nas discussões em torno do Momento Representacional refere-se à sua natureza: fenómeno cognitivo de alto-nível (e.g., Ramney, 1989; Finke & Freyd, 1989) ou fenómeno perceptivo, de baixo-nível e estreitamente acoplado a acções motoras (e.g., Ashida, 2004; Brower et al., 2004; Choi & Scholl, 2006; Kerzel, 2005; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Zago & Lacquaniti, 2005).

Na sequência dos resultados empíricos apresentados, uma resolução possível do debate poderá consistir na afirmação da natureza em última análise dual (simultaneamente analógica e digital) do fenómeno. Se parte considerável dos estudos aqui apresentados contemplou uma manipulação do grau de envolvimento motor na resposta, isso deveu-se à hipótese

esboçada desde os primeiros capítulos de que, enquanto mecanismo charneira entre percepção, cognição e acção, o Momento Representacional se mostraria diferencialmente sensível à mobilização de recursos de percepção-para-o-reconhecimento e de percepção-para-a-acção.

Na realidade, no caso da percepção-para-o-reconhecimento pôde observar-se um efeito modulador de variáveis de natureza dinâmica, para além da modulação por variáveis cinemáticas. Já no caso da percepção-para-a-acção (tarefas solicitando uma resposta motora directa), o Momento Representacional mostrou-se relativamente impenetrável a variáveis dinâmicas. A distinção entre variáveis cinemáticas e dinâmicas, directamente emergente das propostas de Runeson e Fryckholm (1983) sobre a especificação cinemática da dinâmica, parece assim poder associar-se operacionalmente à distinção entre processamentos de alto e de baixo nível que permeia a conceptualização do MR. Em particular, a predominância de aspectos de mais alto (cognitivo/simbólico) ou de mais baixo (sensorial/motor) nível parece depender fundamentalmente da escolha relativamente à natureza da resposta, em função do menor ou maior grau de envolvimento motor.

Observou-se neste sentido uma equivalência de resultados entre diferentes modalidades de resposta quando as variáveis manipuladas eram de natureza cinemática, a saber, velocidade e distância (Secção 3.1). Por outro lado, o curso temporal do Momento Representacional (Secção 3.3) revelou uma dissociação entre o uso do rato (resposta indirecta/mediada) e do ponteiro (resposta directa), verificando-se neste último caso uma ausência de efeitos da variável "tempo de retenção" (atraso imposto à resposta) na magnitude do erro de localização. Considerando que o curso temporal do MR foi originalmente tido como favorável à hipótese de internalização do momento, no contexto do estudo das Representações Dinâmicas, esta

dissociação observada entre modalidades de resposta sugere um carácter multivariado do próprio MR – congregando simultaneamente aspectos representacionais (cognitivos) e de percepção-acção. Finalmente, obtivemos evidência contrária à ideia amplamente difundida na literatura de que manipulações de massa não têm efeito no Momento Representacional (Secções 3.5, 3.6 e 3.7), um resultado tido como uma limitação importante à metáfora fundadora do momento (que implica, por analogia, um efeito multiplicativo da massa e da velocidade). Não apenas diferentes manipulações da massa sugerida (e.g., através do tamanho e/ou textura; Secção 3.7) apresentam efeitos sistemáticos na magnitude do Momento Representacional como, em alguns casos importantes, efeitos isomórficos àqueles obtidos com juízos numéricos, de cariz fenomenológico, especialmente quando estes envolvem avaliações de dimensões que pressupõem (ainda que de modo apenas antecipatório) uma acção motora ou interacção com o alvo por parte do observador (e.g., avaliação de esforço necessário para interromper o movimento; Secções 3.6 e 3.7). Por outro lado, tanto nos juízos numéricos como nas respostas de localização espacial, parece prevalecer entre a velocidade e a massa (manipulada por variações de tamanho) uma regra de integração aditiva, distinta, portanto, da lei formal do momento físico. O facto do peso relativo das variáveis cinemáticas (velocidade) e dinâmicas (massa), em tarefas que requerem a sua integração, ser modulado pela modalidade de resposta – variáveis dinâmicas apresentam maior peso relativo no caso de modalidades de resposta com menor grau de envolvimento motor –, constitui evidência significativa em favor da interpretação híbrida do fenómeno que temos vindo a realçar, assinalando o seu carácter simultaneamente “analógico” e “digital”.

Compromisso teórico em torno de um fenómeno simples, ou reconhecimento da natureza híbrida de um fenómeno complexo?

Reconhecemos, à partida, um risco na abordagem na qual temos vindo a insistir. Com efeito, dada a polarização das concepções que aqui designamos como analógica/representacional/cognitiva e digital/ perceptiva/ de acção, uma formulação intermédia que reconheça o papel de ambas pode ser entendida como uma posição eclética, de mero compromisso teórico.

Não cremos, contudo, que tal seja o caso. Reconhecer a natureza híbrida dos processos subjacentes ao Momento Representacional, documentá-la em resultados empíricos e esclarecer as condições que determinam a precedência de um tipo de processos sobre outro, constitui uma condição *sine qua non* para, se não uma formulação compreensiva/explicativa, pelo menos uma interpretação com valor heurístico para o equacionar de investigações posteriores. Destas, podemos, em jeito de conclusão, antecipar as seguintes:

1. Sendo que parte considerável da nossa hipótese mantém relações próximas com a distinção hoje clássica entre vias visuais para a acção/movimento e para o reconhecimento (Milner & Goodale, 1995), uma linha de interrogação possível consistiria em investigar a (in)sensibilidade à manipulação de variáveis dinâmicas em participantes com o circuito ventral (circuito do "o quê?") comprometido⁵⁷. De forma complementar, investigar o Momento Representacional em participantes com a via dorsal (circuito do "onde?") comprometida poderá igualmente trazer contributos ao

⁵⁷ Ou devido a lesões corticais ou recorrendo a populações especiais nas quais, de acordo com a literatura, se presume um comprometimento de uma das vias.

esclarecimento do papel diferencial das variáveis cinemáticas e dinâmicas em função do grau de envolvimento motor da resposta;

2. No que se refere às modalidades de resposta, o uso da resposta de localização por meio do rato deu lugar a resultados com um perfil intermédio entre aqueles obtidos com uma resposta directa de apontar (localização com um ponteiro) e uma resposta por meio de teclas de direcção (setas no teclado). Uma hipótese de interpretação é a de que o carácter mediado da resposta com o rato (no sentido em que os eixos de movimento efectivo e os eixos de movimento do cursor se encontram em planos distintos) a situa entre a resposta directa de apontar a resposta mais simbólica (cognitiva) por meio de teclas de direcção. A ser esse o caso, poderá esperar-se que manipulações da sensibilidade do rato, acentuando ou reduzindo, respectivamente, o carácter mediado da resposta, se reflectam em perfis de resultados mais próximos das modalidades de resposta por teclas ou com ponteiro, respectivamente. Por outro lado, a consideração de modalidades de resposta adicionais poderá ajudar a robustecer o corpo de evidência disponível. Uma dessas modalidades, até onde sabemos, nunca utilizada na medida do Momento Representacional, mas de uso generalizado no âmbito do entretenimento com a consola Wii (Nintendo), envolve um controlador remoto sensível ao movimento. Se, por um lado, a intermediação do controlador faz desta resposta uma resposta mediada, tal como aquela dada com o rato, já a coincidência completa dos eixos do movimento motor e do movimento do cursor eliminam, por outro lado, parte do carácter indirecto do uso do rato. A disponibilidade fácil e imediata no mercado deste tipo de periféricos, bem como a existência de soluções de sincronização directa com o cursor do rato num computador pessoal, jogam a favor

deste alargamento das modalidades de resposta utilizáveis no quadro da medida do MR;

3. Por fim, a Teoria da Integração de Informação (TII) e da Medida Funcional (Anderson, 1981, 1982) oferecem um quadro natural para futuras investigações. A TII mostrou-se uma importante e útil ferramenta para a construção de uma plataforma comum a linhas de investigação que se têm mantido, no essencial, distintas. Entre os seus contributos contam-se não apenas o estabelecimento de regras funcionais entre variáveis determinantes do Momento Representacional, directamente comparáveis com regras equivalentes noutros domínios (e.g., o da Física Intuitiva), como a verificação de que o erro de localização, medido como um desfazamento espacial, constitui uma variável de resposta linear, i.e., capaz de reflectir sem enviesamentos, ao nível de intervalo, quantidades subjectivas (a percepção-para-a-acção da localização de um alvo em movimento, ou a extrapolação do movimento). A importância deste último ponto deve ser sublinhada, dado que estabelece um ponto de partida para uma métrica subjectiva do MR e das variáveis que o afectam. Parte considerável dos resultados aqui apresentados ilustra na realidade o potencial da TII para um tratamento unificado de diferentes tipos de escalas de resposta que incluem, no presente caso, juízos de classificação numéricos e diferentes modalidades de resposta motora. A TII constitui assim um terreno operativo naturalmente favorável ao alargamento do campo de investigação sobre o MR em estudos subsequentes.

O Momento Representacional, situado aqui num ponto de confluência e tensão entre diferentes abordagens e concepções explicativas, apresenta-se, desta forma, como um fenómeno de particular interesse para a Psicologia Experimental. Enquanto mecanismo de intersecção entre percepção,

cognição e acção, constitui um fenómeno-charneira que mobiliza tradições de investigação distintas e, até à data, em larga medida estanques. Por outro lado, a latitude e flexibilidade das medidas de MR permitem, potencialmente, o uso do MR como variável dependente contínua em domínios onde os juízos fenomenológicos tradicionalmente predominam, como a Percepção de Eventos, a Física Intuitiva, o estudo da interacção entre Percepção e Acção ou a investigação da Cognição Corporalizada/Situada, abrindo assim novas possibilidades a uma abordagem quantificada e assente em indicadores comportamentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actis-Grosso, R., Stucchi, N., & Vicario, G. B. (1996). On the length of trajectories for moving dots. In S. C. Masin (Ed.), *Fechner Day 1996: Proceedings of the Twelfth Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Padua, IT: The International Society for Psychophysics (pp. 185-190).
- Adam, J. J., Paas, F., Buekers, M., Wuijts, I., Spijkers, W., & Wallmeier, P. (1996). Perception-action coupling in choice reaction time tasks. *Human Movement Science, 15*, 511-519.
- Aglioti, S., Goodale, M. A., & DeSouza, J. F. X. (1995). Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Current Biology, 5*, 679-685.
- Algom, D. (2004). Pain psychophysics: Its role in measuring, validating, and understanding pain. *Psychologica, 37*, 15-34.
- Algom, D., & Lubel, S. (1994). Psychophysics in the field: perception and memory for labor pain. *Perception & Psychophysics, 55* (2), 133-141.
- 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, 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.
- Anderson, J. (1978). Arguments concerning representations for mental imagery. *Psychological Review*, 85, 249 - 277.
- Anderson, M. L. (2003). Embodied Cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130.
- Anderson, N. H. (1981). *Foundations of information integration theory*. New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1982). *Methods of information integration theory*. New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1992). Integration psychophysics and cognition. In D. Algom (Ed.). *Psychophysical approaches to cognition* (pp. 13-114). Amsterdam: North Holland.
- Anderson, N. H. (1996). *A functional theory of cognition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Anderson, N. H., & Wilkening, F. (1991). Adaptative thinking in intuitive physics. In N. H. Anderson (Ed.). *Contributions to Information Integration Theory*. (pp. 1 42). Hillsdale: Erlbaum.

Referências Bibliográficas

- Ashida, H. (2004). Action-specific extrapolation of target motion in human visual system. *Neuropsychologia*, 42, 1515-1524.
- Bach-y-Rita, P., Kercel S. W. (2003). Sensory substitution and the human-machine interface. *Trends in Cognitive Science*, 7, 541-546.
- Bailly, A. (2000). *Dictionnaire grec-français: Le grand Bailly*. Paris: Hachette.
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., Pook, P. K., & Rao, R. P. N. (1997). Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 20(4), 723-767.
- Ballard, D., Hayhoe, M., & Pelz, J. (1995). Memory representations in natural tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 66–80.
- Beardsworth, T., & Buckner, T. (1981). The ability to recognize oneself from a video recording of one's movements without seeing one's body. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 19–22.
- Beech, J. T. (1977). Effect of selective visual interference on visualization. *Perceptual Motor Skills*, 45, 951-954.
- Beer, R. D. (1995). A dynamical systems perspective on agent-environment interaction. *Artificial Intelligence*, 72, 173-215.
- Bensafi, M., Porter, J., Pouliot, S., Mainland, J., Johnson, B., Zelano, C., Young, N., Bremner, E., Aframian, D., Khan, R., & Sobel, N. (2003). Olfactomotor activity during imagery mimics that during perception. *Nature: Neuroscience*, 6, 1142–1144.

- Berry, M. J., Brivanlou, I. H., Jordan, T. A., & Meister, M. (1999). Anticipation of moving stimuli by the retina. *Nature*, *398*, 334-338.
- 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 naïve knowledge about physics. In G. Malcolm (Ed.) *Multidisciplinary approaches to visual representations and interpretations*. Liverpool: Elsevier.
- Bethel-Fox, C. E., & Shepard, R. N. (1988). Mental rotation: Effects of stimulus complexity and familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *14*, 12-23.
- Blake, R., & Sekuler, R. (2005) *Perception* (5th edition). New York: McGraw-Hill.
- Bongers, R. M., Smitsman, A. W., & Michaels, C. F. (2004). Geometric, but not kinetic, properties of tools affect the affordances perceived by toddlers. *Ecological Psychology*, *16*, 129-158.
- Bootsma, R. J., & Oudejans, R. R. D. (1993). Visual information about time-to-collision between two objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 1041-1051.
- Boring, E. G. (1950). *A history of experimental psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.

Referências Bibliográficas

- Borst, G., & Kosslyn, S. M. (2008). Visual mental imagery and visual perception: structural equivalence revealed by scanning processes. *Memory & Cognition*, *36*, 849-862.
- Borst, G., Kosslyn, S. M., & Denis, M. (2006). Different cognitive processes in two mental image-scanning paradigms. *Memory & Cognition*, *34*, 475-490
- Brenner, E., & Smeets, J. B. J. (1996). Size illusion influences how we lift but not how we grasp an object. *Experimental Brain Research*, *111*, 473-476.
- Brouwer, A. M., Brenner, E., & Smeets, J. B. (2003). When is behavioral data evidence for a control theory? Tau-coupling revisited. *Motor Control*, *7*, 103–110
- 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.
- Brownlow, S., Dixon, A. R., Egbert, C. A., & Radcliffe, R. D. (1997). Perception of movement and dancer characteristics from point-light displays of dance. *The Psychological Record*, *47*, 411-421.
- Bruce, V., Green, P. R., & Georgeson, M. A. (2003) *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*. New York: Taylor & Francis, Inc.
- Bruner, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.

- Changizi, M. A., Hsieh, A., Nijhawan, R., Kanai, R., Shimojo, S. (2008). Perceiving the present and a systematization of illusions. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 32, 459-503.
- Chiel, H. J., & Beer, R. D. (1997). The brain has a body: Adaptive behavior emerges from interactions of nervous system, body and environment. *Trends in Neurosciences*, 20, 553-557.
- Choi, H., & Scholl, B. J. (2006). Measuring causal perception: Links to representational momentum? *Acta Psychologica*, 123, 91 - 111.
- Churchland, P. S., Ramachandran, V. S., & Sejnowski, T. J. (1994). A critique of pure vision. In C. Koch and J. L. Davis (Eds.), *Large-scale neuronal theories of the brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Clark, A. (1997). *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Clark, A. (1998). Embodiment and the Philosophy of Mind. In A. O'Hear (Ed.), *Current Issues In Philosophy Of Mind: Royal Institute Of Philosophy Supplement*. Cambridge: University Press.
- Collins, A., & Gentner, D. (1987). How people construct mental models. In D. Holland & N. Quinn (Eds.), *Cultural models in language and thought* (pp. 243-265). England: Cambridge University Press.
- Cooper, A. (1976). Demonstration of a mental analog of an external rotation. *Perception & Psychophysics*, 19, 296-302.
- Cooper, A., & Munger, M. P. (1993). Extrapolations and remembering positions along cognitive trajectories: Uses and limitations of analogies to physical momentum. In N. Eilen, R. McCarthy, & B.

Referências Bibliográficas

- Brewer (Eds.), *Spatial representation: Problems in philosophy and psychology*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Cooper, A., & Shepard, R. N. (1973). The time required to prepare for a rotated stimulus. *Memory & Cognition*, *1*, 246-250.
- Cooper, A., & Shepard, R. N. (1975). Mental transformations in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *1*, 48-56.
- Costa, M., & Almeida, M. (2004). *Fundamentos de física*. Coimbra: Almedina.
- Craver-Lemley, C., & Reeves, A. (1992). How visual imagery interferes with vision. *Psychological Review*, *99*, 633-649.
- Cross, D. V., & Rotkin, L. (1975). The relation between size and apparent heaviness. *Perception & Psychophysics*, *18*, 79-87.
- Cutting, J. E., & Kozlowski, L. T. (1977). Recognizing friends by their walk: gait perception without familiarity cues. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *9*, 353-356.
- Daprati, E., & Gentilucci, M. (1997). Grasping an illusion. *Neuropsychologia*, *35*, 1577-1582.
- Daum, M. M., & Frick, A. (2003). Representational momentum in children and adults: A new approach using a touchscreen paradigm. Poster presented at the 8th Congress of the Swiss Society for Psychology (SGP/SSP), Bern, Switzerland, 14.-15. October 2003.

- De Sá Teixeira, N. A., Oliveira, A. M., & Viegas, R. (2008). Functional approach to the integration of kinematic and dynamic variables in causal perception: Is there a link between phenomenology and behavioral responses? *Japanese Psychological Research*, 50, 232-241.
- Decety, J. (1991). Motor information may be important for updating the cognitive process involved in mental imagery of movement. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 11, 415-426.
- Decety, J., Jeannerod, M., & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented actions. *Behavioural Brain Research*, 34, 25-42.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Paris: PUF.
- Denis, M., & Cocude, M. (1997). On the metric properties of visual images generated from verbal descriptions: evidence for the robustness of the mental scanning effect. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 353-379.
- Denis, M., & Kosslyn, S. M. (1999). Does the window really need to be washed? More on the mental scanning paradigm. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 18, 593-616.
- Denis, M., Pazzaglia, F., Cornoldi, C., & Bertolo, L. (1998). Spatial discourse and navigation: An analysis of route directions in the city of Venice. *Applied Cognitive Psychology*, 12, 145-174.
- diSessa, A. A. (1982). Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge Based Learning. *Cognitive Science*, 6, 37- 75.

Referências Bibliográficas

- Dittrich, W. H., Troscianko, T., Lea, S. E. G., & Morgan, D. (1996). Perception of emotion from dynamic point-light displays represented in dance. *Perception, 25*, 727-738
- Donkelaar, P. (1999) Pointing movements are affected by size-contrast illusions. *Experimental Brain Research, 125*, 517-520.
- Dreher, B., Fukada, Y., & Rodieck, R. W. (1976). Identification, classification and anatomical segregation of cells with X-like and Y-like properties in the lateral geniculate nucleus of Old-World primates. *The Journal of Physiology, 258*, 433–452
- Eagleman, D. M., & Sejnowski, T. J. (2000). Motion integration and postdiction in visual awareness. *Science, 287*, 2036-2038.
- Eagleman, D. M., & Sejnowski, T. J. (2007). Motion signals bias position judgments: A unified explanation for the flash-lag, flash-drag, flash-jump and Frohlich effects. *Journal of Vision, 7*, 1-12.
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology, 91*, 451-471.
- Falmagne, J.-C. (2002). *Elements of psychophysical theory*. Oxford: University Press.
- Farah, M. J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition, 18*, 245-272.
- 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. (1980). Levels of Equivalence in Imagery and Perception. *Psychological Review*, *87*, 113-132.
- Finke, R. A. (1981). Imagery mnemonics - Spatial and structural aspects. *Contemporary Psychology*, *26*, 610-611.
- Finke, R. A. (1985). Theories Relating Imagery to Perception. *Psychological Bulletin*, *98*, 236-259.
- Finke, R. A. (1989). *Principles of mental imagery*. Cambridge, MA: MIT-Press.
- Finke, R. A. (1990). *Creative imagery: discoveries and inventions in visualization*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Assoc Inc.
- 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. A., & Freyd, J. J. (1989). Mental extrapolation and cognitive penetrability: Reply to Ranney and proposals for evaluative criteria. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*, 403-408.
- Finke, R. A., & Kosslyn, S. M. (1980). Mental imagery acuity in the peripheral visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *6*, 126-139.

Referências Bibliográficas

- Finke, R. A., & Kurtzman, H. (1981a). Mapping the Visual Field in Mental Imagery. *Journal of Experimental Psychology: General*, *110*, 501-517.
- Finke, R. A., & Kurtzman, H. (1981b). Area and Contrast Effects upon Perceptual and Imagery Acuity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *7*, 825-832.
- Finke, R. A., & Pinker, S. (1982). Spontaneous imagery scanning in mental extrapolation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *8*, 142-147.
- Finke, R. A., & Pinker, S. (1983). Directional Scanning of Remembered Visual Patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *9*, 398-410.
- Finke, R. A., & Schmidt, M. J. (1977). Orientation-Specific Aftereffects Following Imagination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *3*, 599-606.
- Finke, R. A., & Shyi, G. C. W. (1988). Mental extrapolation and representational momentum for complex implied motions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*, 112-120.
- Finke, R. A., Freyd, J. J., & Shyi, G. C. W. (1986). Implied velocity and acceleration induce transformations of visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*, 175-188.
- Flanagan, J. R., & Johansson, R. S. (2003). Action plans used in action observation. *Nature*, *424*, 769-771.

- Fodor, J. A., & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, *28*, 3-71.
- Franklin, S. A. (1995). *Artificial Minds*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Franz, V. H., Gegenfurtner, K. R., Bühlhoff, H. H., & Fahle, M. (2000). Grasping visual illusions: No evidence for a dissociation between perception and action. *Psychological Science*, *11*, 20-25.
- Freyd, J. J. (1983a). Representing the dynamics of a static form. *Memory & Cognition*, *11*, 342-346.
- Freyd, J. J. (1983b). 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. (1993). Five hunches about perceptual processes and dynamic representations. In D. Meyer & S. Kornblum (Eds.), *Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *10*, 126-132.

Referências Bibliográficas

- 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. J., Pantzer, T.M., & Cheng, J.L. (1988) Representing statics as forces in equilibrium. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 395-407.
- Fröhlich, F. W. (1923). Über die Messung der Empfindungszeit. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 54, 58-78.
- Galantucci, B., Fowler, C., Turvey, M. (2006). The motor theory of speech perception reviewed. *Psychological Bulletin & Review*, 13, 361-377.
- Gallagher, S. (2005). *How the Body Shapes the Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Gallagher, S., & Zahavi, D. (2008). *The Phenomenological Mind: An Introduction to Philosophy of Mind and Cognitive Science*. London: Routledge.
- Gallese, V. (2000). The inner sense of action: agency and motor representations. *Journal of Consciousness Studies*, 7, 23-40.
- Gallese, V., Craighero, L., Fadiga, L., & Fogassi, L. (1999). Perception through action. *Psiche - An interdisciplinary journal of research on consciousness*.

- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, *119*, 593-609.
- Ganis, G., Thompson, W. L., & Kosslyn, S. M. (2004). Brain areas underlying visual mental imagery and visual perception: an fMRI study. *Cognitive Brain Research*, *20*, 226-241.
- Gentilucci, M., Chieffi, S., Daprati, E., & Toni, I. (1996). Visual illusion and action. *Neuropsychologia*, *34*, 369-376.
- Gentilucci, M., Fogassi, L., Luppino, G., Matelli, M., Camarda, R., Rizzolatti, G. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey I: Somatotopy and the control of proximal movements. *Experimental Brain Research*, *71*, 475-490.
- Getzmann, S. (2005). Representational momentum in spatial hearing does not depend on eye movements. *Experimental Brain Research*, *165*, 229-238.
- Ghaem, O., Mellet, E., Crivello, F., Tzourio, N., Mazoyer, B., Berthoz, A., et al. (1997). Mental navigation along memorized routes activates the hippocampus, precuneus and insula. *NeuroReport*, *8*, 739-44.
- Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gilden, D. L., & Proffitt, D. R. (1994). Heuristic judgment of mass ratio in two-body collisions. *Perception & Psychophysics*, *56*, 708-720.
- Gilden, D. L. (1991). On the origins of dynamical awareness. *Psychological Review*, *98*, 554-568.

Referências Bibliográficas

- Gilden, D. L., & Proffitt, D. R. (1989). Understanding collision dynamics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 372-383.
- Giorello, G., & Sinigaglia, C. (2007). Perception in Action. *Acta Biomedica*, *78*, 49-57.
- Glenberg, A. M. (1997). Deictic Codes for Embodied Language. *Behavioral and Brain Sciences*, *20*, 749-749.
- Goldin-Meadow, S. (1999). The role of gesture in communication and thinking. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*, 419-429.
- Goldstein, E. B. (2010). *Encyclopedia of perception*. London: Sage.
- Goldston, D. B., Hinrichs, J. V., & Richman, C. L. (1985). Subject's expectations, individual variability, and the scanning of mental images. *Memory & Cognition*, *13*, 365-370.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, *15*, 20-25.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (2006). One brain—Two visual systems. *Psychologist*, *19*, 660–663.
- Goodale, M. A., Humphrey, G. K. (1998). The objects of action and perception. *Cognition*, *67*, 181-207.
- 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*, 203–211.
- Gordon, I. (1989). *Theories of Visual Perception*. Wiley: New York.

- Gottsdanker, R. M. (1956). The ability of human operators to detect acceleration of target motion. *Psychological Bulletin*, *53*, 477–487.
- Gottsdanker, R. M., Frick, J. W., & Lockard, R. B. (1961). Identifying the acceleration of visual targets. *British Journal of Psychology*, *52*, 31-42.
- Gray, R., & Thornton, I. M. (2001). Exploring the link between time to collision and representational momentum. *Perception*, *30*, 1007-1022.
- Greeno, J. G., & Moore, J. L. (1993). Situativity and symbols: Response to Vera and Simon. *Cognitive Science*, *17*, 49-60.
- Grosjean, M., Shiffrar, M., & Knoblich, G. (2007). Fitts' Law holds for action perception. *Psychological Science*, *18*, 95-99.
- Grush, R. (1998). Wahrnehmung, Vorstellung und die sensomotorische Schleife. (Perception, imagery, and the sensorimotor loop). In, F. Esken & H.-D. Heckmann (Eds.). *Bewußtsein und Repräsentation*. Verlag: Ferdinand Schöningh.
- Grush, R. (2004). The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences*, *27*, 377-442.
- Haffenden, A. M., & Goodale, M. A. (1998). The effect of pictorial illusion on prehension and perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 122-136.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense conceptions about motion. *American Journal of Physics*, *53*, 1056-1065.

Referências Bibliográficas

- Hayhoe, M., & Ballard, D. H. (2005). Eye movements in natural behavior. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 188-193.
- Hecht, H. (1996). Heuristics and invariants in dynamic event perception: Immunized concepts or nonstatements? *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 61-70.
- Hecht, H., & Bertamini, M. (2000). Understanding Projectile Acceleration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 730-746.
- Heidegger, M. (1927/1993). *Ser e tempo*. Petrópolis: Vozes.
- Heidelberger, M. (2004). *Nature from within*. Pittsburgh: University Press.
- Held, R., & Hein, A. (1963). Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior. *Journal of Comparative & Physiological Psychology*, 56, 872-876.
- Hojmans, J. (2010). Editorial: Applications of Functional Measurement in Psychology. *Psicologica*, 31, 431-439.
- 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. (1994). Judged displacement: A modular process? *American Journal of Psychology*, 107, 359-373.
- Hubbard, T. L. (1995a). Cognitive representation of motion: Evidence for friction and gravity analogues. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 241-254.

- Hubbard, T. L. (1995b). Environmental invariants in the representation of motion: Implied dynamics and representational momentum, gravity, friction, and centripetal force. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 322-338.
- 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. (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. (1998). Some effects of representational friction, target size, and memory averaging on memory for vertically moving targets. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 52, 44-49.
- 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. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin & Review*. 12, 822-851.
- Hubbard, T. L. (2006a). Bridging the gap: Possible roles and contributions of representational momentum. *Psicologica*, 27, 1-34.
- Hubbard, T. L. (2006b). Computational theory and cognition in representational momentum and related types of displacement: A reply to Kerzel. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 174-177.

Referências Bibliográficas

- Hubbard, T. L., & Bharucha, J. J. (1988). Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception & Psychophysics*, *44*, 211-221.
- Hubbard, T. L., & Favretto, A. (2003). Naive impetus and Michotte's "Tool Effect:" Evidence from representational momentum. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *67*, 134-152.
- Hubbard, T. L., & Ruppel, S. E. (2002). A possible role of naïve impetus in Michotte's "launching effect": Evidence from representational momentum. *Visual Cognition*, *9*, 153-176.
- Hubbard, T. L., Blessum, J. A., & Ruppel, S. E. (2001). Representational momentum and Michotte's (1946/1963) "Launching Effect" paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *27*, 294-301.
- Ingle, D. (1973). Selective Choice Between Double Prey Objects by Frogs. *Brain, Behavior and Evolution*, *7*, 127-144.
- Intons-Peterson, M. J. (1983). Imagery Paradigms: How Vulnerable are They to Experimenter's Expectations? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *9*, 394-412.
- 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.
- Jackson, S. R., & Shaw, A. (2000). The Ponzo illusion affects grip-force but not grip-aperture scaling during prehension movements. *Journal of*

Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 26, 418–423.

Jacobs, D. M., Runeson, S., & Michaels, C. F. (2001). Learning to Visually Perceive the Relative Mass of Colliding Balls in Globally and Locally Constrained Task Ecologies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 1019-1038.

Jammer, M. (1957). *Concepts of force: A study in the foundations of dynamics*. Cambridge, Ma.: Harvard University Press.

Jammer, M. (1961). *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*. Cambridge: Harvard University Press.

Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition: What actions tell the Self*. Oxford: University Press.

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.

Johansson, G. (1985). Vector analysis and process combination in motion perception: A Reply to Wallach, Becklen, and Nitzberg (1985). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 367-371.

Johansson, G., von Hofsten, C., & Jansson, G. (1980). Event perception. *Annual Review of Psychology*, 31, 27-66.

Jolicoeur, P., & Kosslyn, S. M. (1985). Is time to scan visual images due to demand characteristics? *Memory and Cognition*, 13, 320-332.

Referências Bibliográficas

- Jordan, J. S., & Knoblich, G. (2004). Spatial perception and control. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 54-59.
- Jordan, J. S., Coey, C., Tsippaaoutis, 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 localization. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Attention and performance XIX: Common mechanisms in perception and action*. New York: Oxford University Press.
- Jordan, M. I., & Rumelhart, D. E. (1992). Forward models: Supervised learning with a distal teacher. *Cognitive Science*, *16*, 307-354.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1985). Cognitive coordinate systems: Accounts of mental rotation and individual differences in spatial ability. *Psychological Review*, *92*, 137-172.
- Kaczmarek, K., Bach-y-Rita, P., Tompkins, W. J., & Webster, J. G. (1985). A tactile vision-substitution system for the blind: Computer-controlled partial image sequencing. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering BME*, *32*, 602-608.
- Kaiser, M. K., & Mowafy, L. (1993). Optical specification of time-to-passage: Observers sensitivity to global tau. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 1028-1040.

- Kaplan, E., & Shapley, R. M. (1982). X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. *Journal of Physiology*, *330*, 125–143.
- Kelly, M. H., & Freyd, J. J. (1987). Explorations of representational momentum. *Cognitive Psychology*, *19*, 369-401.
- Kerst, S. M., & Howard, J. H. (1978). Memory psychophysics for visual area and length. *Memory and Cognition*, *6*, 327-335.
- Kerzel, D. (2000). Eye movements and visible persistence explain the mislocalization of the final position of a moving target. *Vision Research*, *40*, 3703-3715.
- 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., & Gegenfurtner, K. R. (2003). Neuronal processing delays are compensated in the sensorimotor branch of the visual system. *Current Biology*, *13*, 1975-1978.

Referências Bibliográficas

- 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.
- Kerzel, D., Jordan, J. S., & Müsseler, J. (2001). The role of perception in the mislocalization of the final position of a moving target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 829-840.
- Khurana, B., & Nijhawan, R. (1995). Extrapolation or attention shift? *Nature (London)*, 378, 565-566.
- Khurana, B., Watanabe, K., & Nijhawan, R. (2000). The role of attention in motion extrapolation: Are moving objects 'corrected' or flashed objects attentionally delayed? *Perception*, 29, 675-692.
- Khurana, B., Watanabe, K., & Nijhawan, R. (2003). Flash lag effect: Speeding up to get ahead? *Journal of Vision*, 3, 394.
- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, 18, 513-549.
- Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M. A., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing sounds, understanding actions: Action representation in mirror neurons. *Science*, 297, 846-848.
- Kosslyn, S. M. (1973). Scanning visual images: some structural implications. *Perception and Psychophysics*, 14, 90-94.
- Kosslyn, S. M. (1976). Can imagery be distinguished from other forms of internal representation? Evidence from studies of information retrieval times. *Memory and Cognition*, 4, 291-297.

- Kosslyn, S. M. (1978). Imagery and internal representations. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Kosslyn, S. M. (1981). The medium and the message in mental imagery: a theory. *Psychological Review*, 88, 46-66.
- Kosslyn, S. M. (1990). Mental imagery. In D. N. Osherson, S. M. Kosslyn, and J. M. Hollerbach (Eds.), *An Invitation to Cognitive Science: Visual Cognition and Action (Vol. 2)*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kosslyn, S. M. (2006). You can play 20 questions with nature and win: Categorical versus coordinate spatial relations as a case study. *Neuropsychologia*, 44, 1519-1523.
- Kosslyn, S. M., Ball, T. M., & Reiser, B. J. (1978). Visual images preserve metric spatial information: evidence from studies of image scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 47-60.
- 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., Reiser, B. J., Farah, M. J., & Fliegel, S. L. (1983). Generating visual images: units and relations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 278-303.
- Kosslyn, S. M., Shephard, J. M., & Thompson, W. L. (2007). Spatial processing during mental imagery: a neurofunctional theory. In F.

Referências Bibliográficas

- Mast and L. Jancke (Eds.), *Spatial Processing in Navigation, Imagery, and Perception*. New York: Springer. pp 1-16.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Alpert, N. M. (1997). Neural systems shared by visual imagery and visual perception: A positron emission tomography study. *NeuroImage*, 6, 320-334.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Ganis, G. (2006). *The case of mental imagery*. Oxford: University Press.
- Kourtzi, Z., & Kanwisher, N. (2000). Activation in human MT/MST for static images with implied motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 48-55.
- Koyré, A. (1992). *Estudos galilaicos*. Lisboa: Dom Quixote.
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). Impetus beliefs as default heuristics: Dissociation between explicit and implicit knowledge about motion. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 439-453.
- Kozlowski, L., & Cutting, J. (1977). Recognizing the sex of a walker from a dynamic point-light display. *Perception and Psychophysics* 21, 578–580.
- Krantz, D. H., Luce, R. D., Suppes, P., & Tversky, A. (1971). *Foundations of measurement, volume 1: Additive and polynomial representations*. New York: Academic Press.
- Krekelberg, B. & Lappe, M. (2001). Neuronal latencies and the position of moving objects. *Trends in Neuroscience*, 24, 335–339.

- Kroker, K. (2003). The progress of introspection in America, 1896–1938. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 34, 77–108.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Laeng, B., & Teodorescu, D.-S. (2002). Eye Scanpaths During Visual Imagery Reenact those of Perception of the Same Visual Scene. *Cognitive Science*, 26, 207-231.
- Lamme, V. A., & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23, 571–579.
- Land, M. F., & Furneaux, S. (1997). The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society - B*, 352, 1231-1239.
- Land, M. F., Furneaux, S. M., & Gilchrist, I. D. (2002). The Organization of Visually Mediated Actions in a Subject without Eye Movements. *Neurocase*, 8, 80-87.
- Land, M., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, 28, 1311-1328.
- Lea, G. (1975). Chronometric analysis of the method of loci. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 95-104.

Referências Bibliográficas

- Lee, D. N. (1980). The optic flow-field: the foundation of vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B*, 290, 169-179.
- Lee, D. N. (1998). Guiding movement by coupling taus. *Ecological Psychology*, 10, 221-250.
- Lee, D. N. (2004). Tau in action in development. In J. J. Rieser, J. J., Lockman, & C. A. Nelson (Eds.), *Action, Perception & Cognition in Learning and Development*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Lee, D. N. (2006). How movement is guided. Retrieved January 5, 2011 from http://www.perception-in-action.ed.ac.uk/PDF_s/Howmovementisguided.pdf
- Lee, D. N., & Raddish, P. E. (1981). Plummeting gannets: A Paradigm of ecological optics. *Nature*, 293, 293-294.
- Lee, D. N., & Young, D. S. (1985) Visual timing of interceptive action. In D. Ingle, M. Jeannerod & D. N. Lee (Eds.), *Brain Mechanisms and Spatial Vision* (pp. 1-30), Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Lee, D. N., Craig, C. M. & Grealy, M. A. (1999). Sensory and intrinsic coordination of movement. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266, 2029-2035.
- Lee, D. N., Young, D. S., Reddish, P. E., Lough, S., & Clayton, T. M. H. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 35A, 333-346.
- Leslie, A. M. (1982). The perception of causality in infants. *Perception*, 11, 173-186.

- Leslie, A. M. (1984). Spatiotemporal continuity and the perception of causality in infants. *Perception*, 13, 287-305.
- Levelt, W. J. (1962). Motion braking and the perception of causality. In Michotte, A. et Collaborateurs. *Causalité, permanence et réalité phénoménales* (pp. 244-258). Louvain : Publications Universitaires.
- Levitin, D. (2008). *This is your brain on music*. London: Atlantic Books.
- Lindberg, D. C. (1976). *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: The University of Chicago Press.
- López-Moliner, J., Field, D. T., & Wann, J. P. (2007). Interceptive timing: Prior knowledge matters. *Journal of Vision*, 7, 1–8.
- Mach, E. (1959). *The analysis of sensations* (Trans. C. M. Williams). New York: Dover.
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis & a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology - Paris*, 102, 59-70.
- Markman, A. B., & Brendl, C. M. (2005). Constraining theories of embodied cognition. *Psychological Science*, 16, 6-10.
- Marotta, J. J., DeSouza, J. F. X., Haffenden, A. M., & Goodale, M. A. (1998). Does a monocularly presented size-contrast illusion influence grip aperture? *Neuropsychologia*, 36, 491-497.
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. San Francisco, CA: WH Freeman.

Referências Bibliográficas

- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., Hubel, D. H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 229–240.
- Masin, S. C. (2004). Tests of functional measurement theory for multiplicative models. In A. M. Oliveira, M. Teixeira, G. F. Borges, & M. J. Ferro (Eds.). *Fechner Day 2004. Proceedings of the 20th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Coimbra, Portugal: The International Society for Psychophysics (pp. 447-452).
- Masin, S. C., & Vidotto, G. (2007). Applications of functional measurement in psychology - Introduction. *Teorie & Modelli*, 12, 9-11.
- Mather, G., & Murdoch, L. (1994). Gender discrimination in biological motion displays based on dynamic cues. *Proceedings of the Royal Society of London: Series B*, 258, 273-279.
- Maunsell, J. H. R., & Gibson, J. R. (1992). Visual response latencies in striate cortex of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 68, 1332-1344.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*, 248, 114-122.
- McCrink, K., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2007). Moving along the number line: Operational momentum in nonsymbolic arithmetic. *Perception and Psychophysics*, 69, 1324–1333.
- Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Bricogne, S., Mazoyer, B., Kosslyn, S. M., & Denis, M. (2000). Functional anatomy of high-resolution visual mental imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 98-109.

- Merigan, W. H., & Maunsell, J. H. R. (1993). How parallel are the primate visual pathways? *Annual Review of Neuroscience*, *16*, 369-402.
- Miall, R. C., & Wolpert, D. M. (1996). Forward models for physiological motor control. *Neural Networks*, *9*, 1265–1279.
- Michaels, C. F. (1988). S-R Compatibility between response position and destination of apparent motion: Evidence of the detection of affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *14*, 231-240.
- Michaels, C. F., & Carello, C. (1981). *Direct Perception*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Michaels, C. F., & Schilder, S. (1991). Stimulus–response compatibilities between vertically oriented stimuli and horizontally oriented responses: The effects of hand position and posture. *Perception & Psychophysics*, *49*, 342-348.
- Michaels, C. F., & Stins, J. F. (1997). An ecological approach to stimulus-response compatibility. In B. Hommel & W. Prinz (Eds.). *Theoretical issues in stimulus-response compatibility* (pp. 333–360). Amsterdam: Elsevier Science.
- Michell, J. (1990). *An introduction to the logic of psychological measurement*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Michotte, A. (1954). *La perception de la causalité* (2nd éd.). Louvain: Études de Psychologie.
- Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. London: Methuen.

Referências Bibliográficas

- Michotte, A. et collaborateurs (1962). *Causalité, permanence et réalité phénoménales*. Louvain: Publications Universitaires de Louvain, Studia Psychologica.
- Millar, R., & Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context-specific reasoning? Children's ideas about the motion of projectiles. *School Science Review*, 75, 27-34.
- Milner A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46, 774-785.
- Mitchell, D. B., & Richman, C. L. (1980). Confirmed Reservations: Mental Travel. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 58-66.
- Moyer, R. S. (1973). Comparing objects in memory: evidence suggesting an internal psychophysics. *Perception and Psychophysics*, 13, 180-184.
- Moyer, R. S., Bradley, D. R., Sorensen, M. H., Whiting, J. C., & Mansfield, D. P. (1978). Psychophysical functions for perceived and remembered size. *Science*, 200, 330-332.
- 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.
- Munger, M. P., Solberg, J. L., & Horrocks, K. K. (1999). On the relation between mental rotation and representational momentum. *Journal of*

Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25, 1557-1568.

Murata, A., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Raos, V., Rizzolatti, G. (1997). Object representation in the ventral premotor cortex (Area F5) of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 78, 2226-2230.

Nagai, M. & Yagi, A. (2001). Pointedness effect on representational momentum. *Memory & Cognition*, 29, 91-99.

Nakamura, K., Matsumoto, K., Mikami, A., Kubota, K. (1994). Visual response properties of single neurons in the temporal pole of behaving monkeys. *Journal of Neurophysiology*, 71, 1206 –1221.

Nijhawan, R. (1992). Misalignment of contours through the interaction of apparent and real motion systems [Abstract]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 33, 1415.

Nijhawan, R. (1994) Motion extrapolation in catching. *Nature (London)*, 370, 256-257.

Nijhawan, R. (2008). Visual prediction: Psychophysics and neurophysiology of compensation for time delays (Target article). *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 179 – 239.

Noë, A. (2004). *Action in perception*. Cambridge, MA: MIT Press.

Norman, J. (2002). Two visual systems and two theories of perception: an attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches. *Behavioral and Brain Science*, 25, 73-144.

Referências Bibliográficas

- O'Regan, J. K., & Noë, A. (2001). A sensori-motor account of vision and visual consciousness. *Behavioral Brain Science*, *24*, 939–973.
- O'Connell, S., & Dunbar, R. I. M. (2005). The perception of causality in chimpanzees (*Pan spp.*). *Animal Cognition*, *8*, 60 - 66.
- Oudejans, R. R. D., Michaels, C. F., Bakker, F. C., & Dolné, M. A. (1996). The relevance of action in perceiving affordances: Perception of catchableness of fly balls. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 879–891.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (2007). *Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Parsons, L. M. (1987). Imagined spatial transformations of one's hands and feet. *Cognitive Psychology*, *19*, 178-241.
- Pavani, F., Boscagli, I., Benvenuti, F., Rabuffetti, M., & Farne, A. (1999). Are perception and action affected differently by the Titchener circles illusion? *Experimental Brain Research*, *127*, 95-101.
- Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, *91*, 176-180.
- Perky, C. W. (1910). An Experimental Study of Imagination. *American Journal of Psychology*, *21*, 422-52.

- Perrett, D. I., Oram, M. W., & Ashbridge, E. (1998). Evidence accumulation in cell populations responsive to faces: An account of generalization of recognition without mental transformations. *Cognition*, *67*, 111-145.
- Pfeifer, R., & Scheier, C. (1999). *Understanding intelligence*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Pinker, S. (1980). Mental imagery and the third dimension. *Journal of Experimental Psychology: General*, *109*, 354-71.
- Pinker, S., & Kosslyn, S. M. (1978). The representation and manipulation of three-dimensional space in mental images. *Journal of Mental Imagery*, *2*, 69-84.
- Pinker, S., Choate, P. A., & Finke, R. A. (1984). Mental extrapolation in patterns constructed from memory. *Memory and Cognition*, *12*, 207-218.
- Podzebenko, K., Egan, G. F., & Watson, J. D. (2002). Widespread dorsal stream activation during a parametric mental rotation task, revealed with functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*, *15*, 547-558.
- Popper, K. (1934). *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Editora Culturix.
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (2001). *Imagens da Mente*. Porto: Porto Editora.
- Post, R. B., & Welch, R. B. (1996). Is there dissociation of perceptual and motor responses to figural illusions? *Perception*, *25*, 569-581.

Referências Bibliográficas

- Pradines, M. (1948). *Traité de psychologie générale* (Troisième édition). Paris: Presses Universitaires de France.
- Pressey, A. W., & Wilson, A. E. (1974). The Poggendorff illusion in imagination. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 3, 447-449.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 129-154.
- Proffitt, D. R. (2006). Embodied perception and the economy of action. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 110-122.
- Proffitt, D. R., & Gilden, D. L. (1989). Understanding natural dynamics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(2), 384-393.
- Pylyshyn, Z. W. (1973). What the Mind's Eye Tells the Mind's Brain. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Pylyshyn, Z. W. (1979). The rate of 'mental rotation' of images: A test of a holistic analogue hypothesis. *Memory and Cognition*, 7, 19-28.
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88, 16-45.
- Pylyshyn, Z. W. (1991). The role of cognitive architecture in theories of cognition. In K. VanLehn (Ed.), *Architectures for Intelligence*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- 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 image: Are there really pictures in the head? *Trends in Cognitive Science*, 7, 113-118.
- Raiguel, S. E., Lagae, L., Gulyás, B., & Orban, G. A. (1989). Response latencies of visual cells in macaque areas V1, V2 and V5. *Brain Research*, 493, 155–159.
- Ranney, M. (1989). Internally represented forces may be cognitively penetrable: Comment on Freyd, Pantzer, and Cheng (1988). *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 399-402.
- Rao, H., Han, S., Jiang, Y., Xue, Y., Gu, H., Cui, Y., & Gao, D. (2004). Engagement of the prefrontal cortex in representational momentum: An fMRI study. *Neuroimage*, 23, 98-103.
- Ratliff, F., & Hartline, H. K. (1959) The responses of Limulus optic nerve fibers to patterns of illumination on the receptor mosaic. *Journal of General Physiology*, 42, 1241-1255.
- Reed, C. L., & Vinson, N. G. (1996). Conceptual effects on representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 839-850.
- Reisberg, D. (Ed.) (1992). *Auditory Imagery*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rice, N. J., Valyear, K. F., Goodale, M. A., Milner, A. D., & Culham, J. C. (2007). Orientation sensitivity to graspable objects: An fMRI adaptation study. *Neuroimage* 36, T87–T93.
- Richardson, M., & Johnston, L. (2005). Person recognition from dynamic events: The kinematic specification of individual identity in walking style. *Journal of Nonverbal Behavior*, 29, 25-44.

Referências Bibliográficas

- Rizzolatti, G., & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions, *Experimental Brain Research*, 153, 146-157.
- Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, M., 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., 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.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25, 31-40.
- Roth, J. D., & Kosslyn, S. M. (1988). Construction of the third dimension in mental imagery. *Cognitive Psychology*, 20, 344-361.
- Runeson, S. (1984). Perceiving people through their movements. In B. Kirkcaldy (Ed.), *Individual differences in movement*. Lancaster: MTP Press Ltd.
- Runeson, S. (1995). Support for the cue-heuristic model is based on suboptimal observer performance: Response to Gilden and Proffitt (1994). *Perception & Psychophysics*, 57, 1262-1273.
- Runeson, S., & Frykholm, G. (1981). Visual perception of lifted weight. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 7, 733-740.

- Runeson, S., & Frykholm, G. (1983). Kinematic specification of dynamics as an informational basis for person-and-action perception: Expectation, gender recognition, and deceptive intention. *Journal of Experimental Psychology: General*, *112*, 585-615.
- Runeson, S., & Vedeler, D. (1993). The indispensability of precollision kinematics in the visual perception of relative mass. *Perception & Psychophysics*, *53*, 617-632.
- Runeson, S., Juslin, P., & Olsson, H. (2000). Visual perception of dynamic properties: Cue heuristics versus direct perceptual competence. *Psychological Review*, *107*, 525–555.
- 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.
- Savelsbergh, G. J., Whiting, H. T., & Bootsma, R. J. (1991). Grasping tau. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *17*, 315-322.
- Schiff, W., & Detwiler, M. L. (1979). Information used in judging impending collision. *Perception*, *8*, 647-658.
- Schiller, P. H., & Malpeli, J. G. (1978). Functional specificity of lateral geniculate nucleus laminae of the rhesus monkey, *Journal of Neurophysiology*, *41*, 788–797.
- Schmolesky, M. T., Wang, Y. C., Hanes, D. P., Thompson, K. G., Leutgeb, S., Schall, J. D., & Leventhal, A. G. (1998). Signal timing across the macaque visual system. *Journal of Neurophysiology*, *79*, 3272-3278.

Referências Bibliográficas

- Schneider, G. E. (1969). Two visual systems. *Science*, *163*, 895-902.
- Scialfa, L. T., Guzy, H. W., Leibowitz, P. M., Garvey, & Tyrrell, R. A. (1991). Age differences in estimating vehicle velocity. *Psychology and Aging*, *6*, 60–66.
- Segal, S. J., & Fusella, V. (1970). Influences of imaged pictures and sounds on detection of visual and auditory signals. *Journal of Experimental Psychology*, *83*, 458-464.
- Senior, C., Barnes, J., Giampietro, V., Brammer, M., Bullmore, E., Simmons, A., & David, A. S. (2000). The functional neuroanatomy of implicit motion perception or 'representational momentum'. *Current Biology*, *10*, 16-22.
- Senior, C., Ward, J., & David, A. S. (2002). Representational momentum and the brain: An investigation into the functional necessity of V5/MT. *Visual Cognition*, *9*, 81-92.
- Shapiro, L. (2007). The Embodied Cognition Research Programme. *Philosophy Compass*, *2*, 338–346.
- Sheliga, B. M., Riggio, L., & Rizzolatti, G. (1994). Orienting of attention and eye movements. *Experimental Brain Research*, *98*, 507–522.
- Shepard, R. N. (1966). Learning and recall as organization and search. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, *5*, 201-204.
- Shepard, R. N. (1975). Form, formation, and transformation of internal representations. In R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Shepard, R. N. (1978). The Mental Image. *American Psychologist*, 33, 125-137.
- 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., & Chipman, S. (1970). Second-order isomorphism of internal representations: Shapes of states. *Cognitive Psychology*, 1, 1-17.
- Shepard, R., & Cooper, L. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shepard, R., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Shockley, K. (2009). Heaviness or moveableness? Is perception sensitive to high-order, action-relevant physical variables? 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.
- Sillito, A. M., Jones, H. E., Gerstein, G. L., & West, D. C. (1994). Feature-linked synchronization of thalamic relay cell firing induced by feedback from the visual cortex. *Nature*, 369, 479-482.
- Snowden, R. J., (1999). `The bigger they are the slower they move: the effect of field size on speed discrimination. *Perception*, 28, 24-25.

Referências Bibliográficas

- Steels, L., & Brooks, R. (Eds.) (1995). The 'Artificial Life' route to 'Artificial Intelligence': Building embodied, situated agents. New Haven: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stein, L. (1994). Imagination and situated cognition. *Journal of Experimental Theoretical Artificial Intelligence*, 6, 393-407.
- Stevenage, S. V., Nixon, M. S., & Vince, K. (1999). Visual analysis of gait as a cue to identity. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 513-526.
- Stevens, S. S. (1975). Psychophysics: introduction to its perceptual, neural, and social prospects. New York: Wiley.
- Stins, J. F., & Michaels, C. F. (1997). Stimulus-response compatibility is information-action compatibility. *Ecological Psychology*, 9, 25-45.
- Stins, J. F., & Michaels, C. F. (2000). Stimulus-response compatibility for absolute and relative spatial correspondence in reaching and in button pressing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, Section A: Human Experimental Psychology*, 53, 569-589.
- Symes, E., Ellis, R., Tucker, M. (2007). Visual object affordances: object orientation. *Acta Psychologica*, 124, 238-255.
- Thelen, E., & Smith, L. (1994). A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action. MIT Press: Cambridge, MA.
- Thomas, N. J. T. (1989). Experience and theory as determinants of attitudes toward mental representation: The case of Knight Dunlap and the vanishing images of J. B. Watson. *American Journal of Psychology*, 102, 395-412.

- Thomas, N. J. T. (1999). Are theories of imagery theories of imagination? An *active perception* approach to conscious mental content. *Cognitive Science*, 23, 207-245.
- Thornton, I. M. (2002). The onset repulsion effect. *Spatial Vision*, 15, 219-243.
- Todd, J. T. (1981). Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 795-810.
- Todd, J., & Warren, W. (1982). Visual perception of relative mass in dynamic events. *Perception*, 11, 325-335.
- Tootell, R. B., Silverman, M. S., Switkes, E., & De Valois, R. L. (1982). Deoxyglucose analysis of retinotopic organization in primate striate cortex. *Science*, 218, 902-904.
- Tresilian, J. R. (1991). Empirical and theoretical issues in the perception of time to contact. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 17, 865-876.
- Tresilian, J. R. (1993). Four questions of time to contact: a critical examination of research on interceptive timing. *Perception*, 22, 653-680.
- Tresilian, J. R. (1994). Approximate information sources and perceptual variables in interceptive timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 154-173.

Referências Bibliográficas

- Tresilian, J. R. (1995). Perceptual and cognitive processes in time-to-contact estimation: analysis of prediction motion and relative judgment tasks. *Perception & Psychophysics*, *57*, 231-245.
- Tresilian, J. R. (2005). Hitting moving targets: Perception and action in the timing of fast interceptions. *Perception & Psychophysics*, *67*, 129-149.
- Trevarthen, C. B. (1968). Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forschung*, *31*, 299-337.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 830-846.
- Ungerleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale & R. J. W. Mansfield (Eds.). *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press. (pp.549-586).
- Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1994). 'What' and 'where' in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, *4*, 157-165.
- Vieilledent, S., Kosslyn, S., Berthoz, A., & Giraudo, M. (2003). Does mental simulation of following a path improve navigation performance without vision? *Cognitive Brain Research*, *16*, 238-249.
- Vinson, N. G., & Reed, C. L. (2002). Sources of object-specific effects in representational momentum. *Visual Cognition*, *9*, 41-65.
- Viviani, P. (2002). Motor competence in the perception of dynamic events. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Common mechanisms in*

perception and action: Attention and performance (Vol. 19, pp. 406–442). Oxford: Oxford University Press.

Viviani, P., & Stucchi, N. (1989). The effect of movement velocity on form perception: Geometric illusions in dynamic displays. *Perception & Psychophysics*, *46*, 266–274.

Viviani, P., & Stucchi, N. (1992). Biological movements look uniform: Evidence of motor-perceptual interactions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 603–623.

Viviani, P., Baud-Bovy, G., & Redolfi, M. (1997). Perceiving and tracking kinesthetic stimuli: Further evidence of motor-perceptual interactions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*, 1232–1252.

von Uexküll, J. (1940). *Bedeutungslehre*. Leipzig: Barth.

Wallace, B. (1984). Apparent equivalence between perception and imagery in the production of various visual illusions. *Memory and Cognition*, *12*, 156-162.

Wann, J. P. (1996). Anticipating arrival: Is the tau margin a specious theory? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 1031-1048.

Warren, W. H. Jr., Kim, E. E., & Husney, R. (1987). The way the ball bounces: Visual and auditory perception of elasticity and control of the bounce pass. *Perception*, *16*, 309-336.

Referências Bibliográficas

- Weber, R. J., & Malmstrom, F. V. (1979). Measuring the size of mental images. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 5, 1-12.
- Weiss, D. J. (2006). Analysis of variance and functional measurement: a practical guide. New York: Oxford University Press.
- Wertsch, J. (1998). *Mind As Action*. NewYork NY: Oxford University Press.
- Westwood, D. A., Dubrowski, A., Carnahan, H., & Roy, E. A. (2000) The effect of illusory size on force production when grasping objects. *Experimental Brain Research*, 135, 535–43.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 625-636.
- Yoshikawa, S., & Sato, W. (2008). Dynamic facial expressions of emotion induce representational momentum. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 8, 25-31.
- Young, G. (2006). Are different affordances subserved by different neural pathways? *Brain and Cognition*, 62, 134-142.
- Young, M. E., Beckmann, J. S., & Wasserman, E. A. (2006). The pigeon's perception of Michotte's launching effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 86, 223 - 237.
- Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: A meta-analysis and review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1-19.

- Zago, M., & Lacquaniti, F. (2005). Cognitive, perceptual and action-oriented representations of falling objects. *Neuropsychologia* 43, 178–188.
- Zago, M., Bosco, G., Maffei, V., Iosa, M., Ivanenko, Y., & Lacquaniti, F. (2004). Internal models of target motion: expected dynamics overrides measured kinematics in timing manual interceptions. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1620-1634.

