

Alternância hemisférica no desempenho cognitivo

Paulo Joaquim Rodrigues*

Carlos Fernandes da Silva*

Resumo: Neste trabalho pretendemos comparar os ritmos do desempenho cognitivo numa tarefa que apela para um só hemisfério com os de uma tarefa que apela para ambos os hemisférios cerebrais.

Alguns investigadores relataram a existência de ciclos periódicos em contrafase quando se estudam tarefas cognitivas que apelam para cada um dos hemisférios. Estes ciclos apresentam periodicidade de 90 minutos e por isso têm sido relacionados com o BRAC. Neste sentido, espera-se que para a tarefa verbal (hemisfério esquerdo) se obtenha um ritmo ultradiano das respostas correctas ao longo dos ensaios com período entre 80 e 120 minutos e que a percentagem de ritmo seja elevada. Em relação à tarefa espacial (dois hemisférios) espera-se que o período do ritmo seja diferente do da tarefa verbal. Para além disto, esperamos obter percentagens de ritmo significativamente inferiores.

5 participantes responderam a 32 ensaios. Cada ensaio foi constituído por 3 minutos de tarefa verbal, um minuto de intervalo e mais 3 minutos de tarefa espacial. Decorreu um intervalo de 3 minutos entre os ensaios. Os estímulos foram apresentados usando o programa informático E-Prime que também registou as respostas. Várias análises matemáticas foram aplicadas aos resultados. Destas análises constatamos que, para a tarefa verbal, os resultados se encontram de acordo com as hipóteses apresentadas. Quanto à tarefa espacial, constatámos que a nossa hipótese não é confirmada. São apresentadas algumas limitações ao presente estudo assim como sugestões para estudos futuros.

Abstract: The present work aims to compare the rhythms of cognitive performance in a task using the right hemisphere, with those in a task involving both hemispheres. Some investigators refer the existence of periodical cycles in against-phase when examining cognitive tasks involving each hemisphere. These cycles presented a 90 minutes period, and so, being related to the BRAC. We expect, for a verbal task (left hemisphere), to obtain an ultradian rhythm for correct answers, with a period between 80 and 120 minutes, and a high rhythm percentage. We expect a different rhythm period from the spatial task (both hemispheres), and lowered rhythm percentages. 5 participants responded to 32 essays. Each was composed of a 3 minutes of verbal task, one interval minute as 3 minutes of spatial task. There was also a 3 minute inter-essay interval. Stimuli were presented and responses registered using the E-Prime program. Several mathematical analyses were applied to the results. For the verbal task our hypothesis was confirmed, but not for the spatial task. Some limitations to our studies are presented as well as suggestions for future research.

* Universidade do Minho.

Introdução

Com este estudo pretendemos comparar uma tarefa cognitiva que implica um hemisfério com outra tarefa que implica ambos os hemisférios, assim como a existência de ritmos nesse domínio. Para o efeito, e a título de introdução, definimos o campo semântico subjacente ao trabalho. Abordamos as diferentes áreas do conhecimento relacionadas, integrando-as, nomeadamente as Ciências Cognitivas e a Cronobiologia, assim como os seus objectos de estudo e as técnicas e métodos utilizados. No âmbito da cronobiologia, depois de uma resenha histórica, centramonos no problema da lateralidade hemisférica e dos ritmos eventualmente associados.

Cognição

Em Psicologia, a definição de “cognição” não é consensual. Etimologicamente, “cognição” deriva de *cognoscere* que remete para o domínio da *construção e uso* do conhecimento. A construção e uso de conhecimento implicará uma recolha de indicadores sensoriais (por via exteroceptiva, proprioceptiva e interoceptiva) e a organização dos mesmos em *padrões significativos*, isto é com sentido, uma vez que “sentido” é sinónimo de *instrumentalidade adaptativa* (Morilon, 1974; Devlin, 2002). No que diz respeito à instrumentalidade adaptativa, do mesmo modo que uma “colher” é um objecto e serve para comer (esse é o seu significado ou sentido), um “conceito” é um padrão (um ícone, um padrão sonoro, etc.) que serve para comunicar; em suma, uma ferramenta adaptativa (daí o seu significado ou sentido).

Do ponto de vista das ciências cognitivas, a cognição corresponde à função geral de um sistema interno que permite um gran-

de número de processos individuais (e estruturas) tais como: a atenção, o reconhecimento de padrões, a percepção, a recordação, o pensamento, entre muitos outros (Glass, 1979; Solso, 1979).

Em termos operacionais, a *construção e uso do conhecimento* ou “actividade cognitiva” poderá ser dividida em cinco níveis: *sistemas cognitivos, operações cognitivas, desempenho cognitivo, sistemas neurais e célula*, correspondendo a cinco níveis de análise (Posner, 2001). “[...] *The idea of processing levels arises naturally from the structure of sensory systems. [...]*” (Posner, 1986; pp. 28), ou seja a estrutura dos sistemas sensoriais constitui a base para a noção de níveis de processamento.

Um *sistema cognitivo* pode ser concebido como um conjunto de estruturas e/ou tarefas que operam em conjunto para realizar uma actividade do dia a dia, sendo possível decompô-lo em operações. Uma *operação cognitiva* pode ser definida como uma sequência de tarefas modeláveis e, em princípio, implementáveis em sistemas informáticos, tais como colheita de dados, cálculo, escolha e resposta (Posner e Raichle, 2001). Posner (1980) defende que uma operação cognitiva é uma transformação interna da informação, em princípio reversível. Assim, ler, escrever e conversar são actividades do dia a dia associadas a um conjunto de estruturas e operações coordenadas que constituirão o sistema cognitivo “linguagem”.

Operacionalmente, as tarefas são acessíveis mediante a observação do comportamento. O conjunto dos procedimentos de medição (cronometria) e de registo, efectuados durante a execução das tarefas atribuíveis aos diferentes sistemas cognitivos, permite avaliar aquilo que é designado por *desempenho cognitivo*. Por exemplo, Monk (1992) seleccionou a memória a curto prazo, o tempo de reac-

ção simples, a discriminação perceptiva, a capacidade de manipulação, o tempo de reacção de escolha e a vigilância como tarefas cognitivas utilizadas para avaliar o desempenho cognitivo no domínio da cronobiologia.

A avaliação do desempenho cognitivo orienta a investigação relativa à localização dos sistemas neurais e ao papel das células (neurónios e células gliais) naquele. Tal ocorre quando, por exemplo, combinamos a avaliação do desempenho cognitivo com a aquisição de dados através de técnicas de registo de actividade cerebral.

Como há diferenças individuais e diferenças temporais relativamente ao modo como os sistemas, operações e desempenhos cognitivos se organizam nos indivíduos, podemos diferenciar “estilos cognitivos” (Galotti, 1994). Também nesta área o estudo dos ritmos biológicos assume relevância.

Cronobiologia

A cronobiologia é a disciplina que estuda os ritmos biológicos manifestados nos organismos vivos, as razões pelas quais essas variações ocorrem e como se sincronizam com os ritmos externos. Ocupa-se ainda da aplicação destes conhecimentos em nosso benefício. Assim, os estudos desta área suportam diversas aplicações desde um nível comportamental, como a capacidade de suportar mudanças de horários de sono e vigília sem afectar as capacidades do indivíduo, até ao nível neurocognitivo estrito (Marques e Menna-Barreto, 1997, cit. Silva, 2000; Cugini, 1993).

Os resultados das investigações em cronobiologia são apresentados sob a forma de séries temporais e gráficos de tempo. As regras metodológicas aplicáveis à cronobiologia são as mesmas que se

aplicam à restante investigação científica (Pinto, 1990, cit. Silva e colaboradores, 2000). As séries temporais caracterizam as variações cíclicas produzidas pelos osciladores bioquímicos, anatómicos e fisiológicos existentes em qualquer organismo vivo.

Relativamente ao desempenho cognitivo, independentemente dos instrumentos e procedimentos usados, há estudos que sugerem que há um efeito importante da ritmicidade circadiana em humanos. De acordo com Testu e Clarisse (1999), Ebbinghaus terá sido o primeiro psicólogo a incluir a dimensão temporal no estudo do desempenho mnésico, demonstrando que o tempo necessário para decorar uma lista de sílabas sem sentido variava com a hora do dia. Um aspecto do desempenho cognitivo que varia durante a fase de vigília ocorre na memória imediata para material em prosa. Os efeitos da hora do dia podem ser responsáveis por variações superiores a 20% relativamente à média diária. Em suma, os ritmos circadianos dos desempenhos compreendem flutuações estatisticamente significativas ao longo das 24 horas (Laird, 1925; Folkard e Monk, 1980, cit. Monk, 1992).

Outro argumento é o de que a variabilidade interindividual é demasiado elevada para que se possam tirar conclusões sobre os ritmos circadianos do desempenho cognitivo de populações. Contudo, as diferenças individuais existem na forma de matutuidade ou vespertinidade (Horne e Ostberg, 1976), mesmo que as diferenças usualmente se verifiquem em extremos da população. Por meio de testes psicométricos os participantes podem ser separados em grupos representativos do seu tipo diurno – matutinos (“cotovias”), participantes que se sentem menos fatigados e mais alerta de manhã, e vespertinos (“mochos”), participantes que se sentem

menos fatigados e mais alerta pela tarde. Muitos estudos mostram que podem ser feitas generalizações sobre a população como um todo, determinando o efeito da hora do dia no desempenho de uma tarefa ou teste em particular. Da mesma forma podem ser feitas generalizações ao nível dos ritmos ultradianos (ritmos com período inferior a 20 horas), desde que se ajustem as acrofases dos ritmos dos diferentes participantes na sequência das tarefas. (Laird, 1925; Blake, 1967; Hockey e Colquhoun, 1972; Folkard e Monk 1985, cit. Monk, 1992).

Cronopsicologia

Quando se pretende estudar as variações de desempenho cognitivo numa tarefa ao longo de um período de tempo podem colher-se dados tanto fisiológicos como psicológicos. A aquisição de dados fisiológicos pode ser tão simples para o participante como cuspir num copo, ou tão agressivos como a colheita de sangue com uma seringa. Mas, em qualquer dos casos, o participante aceitou submeter-se aos testes em causa e, à partida, a sua atitude não influencia a precisão dos resultados do teste. O mesmo não é verdade para qualquer medida psicológica (desempenho cognitivo em particular). Um participante desinteressado ou mal treinado pode fornecer resultados falseados ou seja, pode afectar a definição do ritmo devido a um esforço extra ou a um sub-esforço. No estudo da cronobiologia do desempenho cognitivo é vital assegurarmo-nos de que os participantes sabem o que fazer, porque estão a fazê-lo e que compreendem a importância de o fazer.

Uma constante em todos os testes psicométricos é a sua susceptibilidade a factores externos, como sejam a temperatura, o ruído e a iluminação. É, por isso, necessário efectuar um grande controlo das

condições ambientais. Outra questão associada aos testes de desempenho cognitivo prende-se com a forma como os testes serão cotados, tendo em conta a velocidade e/ou a precisão. O desenho experimental deve, ainda, ter em atenção os efeitos da “prática” ou “curva de aprendizagem” e “fadiga”. Os efeitos de “curva de aprendizagem” reflectem melhorias sucessivas no desempenho do participante à medida que este se torna mais experiente a realizar a tarefa. Dependendo do que lhe é pedido, o desempenho pode continuar a melhorar depois de dúzias (por vezes centenas) de sessões de testes. Por outro lado, os efeitos relacionados com a “fadiga”, em testes que ocorram durante um longo período de tempo, traduzem-se numa redução sucessiva do desempenho.

Existem duas formas de eliminar estes tipos de efeitos. A primeira consiste em ajustar uma recta à série temporal e depois transformar cada ponto em função do seu desvio à recta ajustada, nomeadamente nos casos em que as curvas traduzam uma relação linear. Uma alternativa consiste em contrabalancear as sessões ao longo do dia, usando diversos participantes, cada um fazendo o teste seis vezes ao dia (por exemplo), mas começando a primeira sessão a diferentes horas do dia. Esta prática tem sido referenciada como quadrado latino cíclico e tem sido usada em diferentes estudos (Folkard, 1975; Folkard e Monk, 1980; Monk e Leng, 1982, cit. Monk, 1992; Alferes, 1997).

A extrema simplificação dos testes de desempenho cognitivo pode originar problemas de validade ecológica. Um teste cognitivo pode apontar para desempenhos que não correspondem aos esperados em condições naturais. Em condições experimentais o participante dispõe de recursos que não se encontram disponíveis no dia a dia, estando, por exemplo, menos sujei-

tos a determinados estímulos responsáveis pela dispersão da atenção.

Lateralidade hemisférica e ritmos biológicos

No século XIX, o médico Wigan foi o primeiro a propôr que os dois hemisférios poderiam ter “atitudes” diferentes, dependendo das circunstâncias. Na mesma época, Jackson defendeu que mesmo em situação normal os dois hemisféricos teriam contribuições diferentes para a vida mental. No entanto, antes de 1940, todas as funções mentais discretas conhecidas eram associadas ao hemisfério esquerdo (Cutting, 1997).

A maior parte das estruturas do sistema nervoso central (SNC) estão distribuídas em pares relativamente à linha média. A relação destas estruturas do SNC com as regiões corporais periféricas é predominantemente homolateral ao nível da espinal medula e contra-lateral acima do cerebelo: a parte esquerda do corpo é enervada pela metade direita do cérebro e vice-versa. Muitos dos trajectos que ligam o cérebro e a espinal-medula ao corpo atravessam a linha média algures no seu percurso. Para além desta organização estrutural, as actividades cognitivas e comportamentais também se distribuem de modo diferente pelos hemisférios (MacKay, 1997).

A procura das bases biológicas para as diferenças funcionais hemisféricas tem incluído estudos anatómicos e fisiológicos. Investigações recentes sugerem que os hemisférios têm anatomias ligeiramente diferentes. Ao comparar as estruturas da metade direita com a metade esquerda do corpo apercebemo-nos da sua assimetria ao nível dos órgãos internos, especialmente coração e fígado. Num estudo sobre os lóbulos temporais em adultos, Geschwind e Levitsky (1968) relataram que em 65% dos cérebros examinados, uma região do

córtex cerebral conhecida como *planum temporale* era maior no hemisfério esquerdo do que no direito. Em 11% era maior no lado direito. Em alguns estudos a magnitude desta diferença é de quase 2 para 1. A região examinada foi a superfície da área superior do lobo temporal que inclui a área de Wernicke. Presumivelmente, a diferença no tamanho das áreas reflecte a especialização de um hemisfério na linguagem. Uma área esquerda maior implica um desenvolvimento mais elaborado desse lado, o que pressupõe mais células nervosas e maior complexidade das dendrites. Esta diferenciação ocorre antes do momento do nascimento o que sugere a existência de uma predisposição para a lateralidade da linguagem não dependente de condições ambientais. Por outro lado, foram descobertas diferenças anatómicas inter-hemisféricas importantes ao nível da estrutura fina (Scheibel et al., 1985), bem como da distribuição da concentração de neurotransmissores (Geschwind e Galaburda, 1985), das estruturas vasculares e do fluxo sanguíneo em resposta a estímulos verbais.

Estas diferenças anatómicas traduzir-se-ão funcionalmente na mediação hemisférica da linguagem. O hemisfério esquerdo parece ser o controlador para esta função e é normalmente considerado dominante, apesar do papel que o hemisfério direito desempenha, nomeadamente no aspecto melódico da linguagem. Nesse sentido, muitos investigadores preferem o conceito de especialização ou lateralização hemisférica, relativamente ao conceito de dominância. Esta nova ênfase implica que alguns sistemas funcionais estão mais ligados a um lado do cérebro do que ao outro, que as funções se lateralizam e que cada hemisfério se especializa em determinadas tarefas, numa mesma operação cognitiva.

A calosotomia, desenvolvida no domínio da cirurgia da epilepsia, tem sido um dos métodos usados para estudar a lateralização hemisférica das operações cognitivas. Este procedimento consiste no corte das fibras do corpo caloso com o objectivo de impedir que uma descarga epiléptica originada num hemisfério seja transferida para o outro. A primeira calosotomia foi realizada em 1940 por van Wagenen e Herren. Através do estudo de participantes calosotomizados os investigadores têm podido perceber a especialização hemisférica em actividades cognitivas, perceptivas, emocionais e motoras e conceber novas investigações com participantes normais.

Apesar de conservarem uma aparência normal, estudos detalhados, em animais calosotomizados, demonstraram diferenças comportamentais em resultado da intervenção cirúrgica. Esta técnica permitiu a diversos investigadores (Sperry, Gazzaniga, Zaidel et al., 1974) recolher dados sobre as funções isoladas e diferenciais de cada um dos hemisférios e da sua independência. No entanto, em humanos, este procedimento conduz a uma forte dificuldade: os participantes submetidos a esta intervenção são originalmente doentes epilépticos graves, não existindo garantia de que a distribuição funcional original seja semelhante à dos restantes seres humanos ou que se mantenha inalterada após anos com intensos ataques epilépticos. Apesar deste argumento, comparando os resultados com os de outras técnicas, os dados são habitualmente confirmados.

Em 1980, Damasio, Chui, Corbett e Kassel relataram, na sequência da intervenção cirúrgica a um jovem de 16 anos que sofria de um tumor cerebral e cuja excisão implicou a secção da parte posterior do corpo caloso, que este apresentava sinais clássicos de falta de transferência inter-hemisférica, à semelhança dos pacientes

calosotomizados. Deste modo, reforçaram a validade dos trabalhos realizados com pacientes humanos epilépticos, retirando importância a algumas críticas relacionadas com a existência de diferenças (morfológicas) e ou danos causados pela epilepsia severa.

A calosotomia permitiu duas grandes descobertas:

- 1) A implicação do hemisfério direito em múltiplas actividades cognitivas;
- 2) A grande “cooperação” dos dois hemisférios via corpo caloso. (Nos calosotomizados os hemisférios são independentes um do outro).

Relativamente à primeira, a orientação do discurso costuma ser concebida como totalmente dependente do hemisfério esquerdo. Contudo, em calosotomizados, o hemisfério direito pode comunicar com o exterior através da mão esquerda. Isto permitiu descobrir que o hemisfério direito era quase tão bom quanto o hemisfério esquerdo em determinadas actividades perceptivas e linguísticas, chegando a ser melhor em algumas tarefas, quando se testavam estas de forma qualitativamente diferente.

No final dos anos 70 e início dos 80 ficou claro que, para além de existirem aspectos de complementaridade, cada hemisfério deveria possuir funções únicas. Outros estudos, usando a metodologia do teste de Wada, demonstraram que diferentes operações cognitivas tendem a activar áreas cerebrais diferenciadas (Habib, 2000), permitindo, ainda, defender que algumas tarefas são predominantemente desempenhadas por um dos hemisférios.

Lavie e Kripke, em 1981, mostraram que no homem, em períodos de hora e meia, ocorrem fenómenos de sonolência. Para além disso, outras actividades psicológicas e psicofisiológicas apresentam ciclos com periodicidade ultradiana tais como:

comer; beber e conduta de crianças em jogos (Cohen, 1979) de período semelhante. Já em 1969, Kleitman havia definido um ritmo humano de 90 minutos. Esse ritmo expressa-se no sono pelos ciclos REM/nREM e foi denominado ciclo básico de actividade/repouso (Basic Rest/Activity Cycle – BRAC).

De facto, em 1975, Broughton descobriu a existência da alternância na eficiência relativa ou activação dos hemisférios cerebrais, com período de cerca de 90 minutos, confirmada posteriormente por Klein e Armitage (1979), e por Beugnet-Lambert, Lancry e Leconte (1988), o que conduziu à hipótese de que o ritmo REM/nREM e a sua continuação ao longo do período de vigília (o BRAC) estará relacionado com aquela alternância.

Desta forma, pressupondo (1) que há lateralidade hemisférica nas tarefas cognitivas e (2) que há alternância interhemisférica ultradiana, a psicologia em geral, e as ciências cognitivas em particular, deverão considerar a existência de ritmos biológicos associados ao desempenho cognitivo, estudá-los e precaver os seus efeitos.

Alguns investigadores têm-se debruçado sobre este assunto. No entanto, todos os estudos têm recorrido a tarefas que, de acordo com a literatura, são exclusivas de cada hemisfério.

Na sequência destes estudos, propomos a comparação entre os efeitos detectados numa tarefa que, de acordo com a literatura apela exclusivamente para um dos hemisférios e outra tarefa que, de acordo com a literatura, recorre aos dois hemisférios. Para isto, recorreremos a duas tarefas: uma tarefa verbal e uma tarefa espacial. A tarefa verbal, em que o participante tem de decidir se duas letras (uma maiúscula e uma minúscula) têm o mesmo valor fonético, implicará apenas o hemis-

férico esquerdo (Klein e Armitage, 1979). A tarefa espacial, em que o participante tem de efectuar uma rotação mental para decidir se duas figuras são iguais ou simétricas, implicará ambos os hemisférios (Corbalis, 1997).

Assim, em termos de hipóteses, espera-se que para a tarefa verbal se obtenha um ritmo ultradiano das respostas correctas ao longo dos ensaios com período entre 80 e 120 minutos e que a percentagem de ritmo seja elevada, ou seja, que a variância dos dados seja fortemente explicada pelo ritmo subjacente. Em relação à tarefa espacial espera-se que o período do ritmo seja diferente do da tarefa verbal. Para além disto, esperamos obter percentagens de ritmo significativamente inferiores, uma vez que este ritmo terá por base a resultante da composição de ritmos desfasados dos dois hemisférios.

Estas são as duas hipóteses que procuraremos testar e cujos procedimentos, resultados e discussão se apresentam em seguida.

Método

Participantes

Foram testados 5 participantes voluntários do sexo masculino, dextros, sem antecedentes de epilepsia, historial de traumatismo crânio-encefálico e/ou encefalopatia de etiologia infecciosa. Também não possuíam psicopatologia, avaliada pela Escala de Rastreo Psiquiátrico ER/80 (Pio Abreu e Vaz-Pato, 1981).

As idades variam entre os 18 e os 22 anos.

Material

Foram criados dois grupos de tarefas experimentais:

1) Tarefa experimental Verbal, constituída por pares de letras, uma maiúscula e outra

minúscula. O objectivo da utilização deste tipo de estímulos foi aplicar uma tarefa de cariz verbal, usando o canal perceptivo visual. Aos participantes foi pedido que identificassem se o par de letras representava a mesma letra ou letras diferentes. Assim, entre os dois elementos do estímulo, a comparação tinha de ser feita ao nível verbal e não ao nível da semelhança “perceptiva”.

Para este efeito, foram usadas as letras do alfabeto português ao qual foram eliminadas as seguintes, pelas razões apresentadas:

- “L, l” → A minúscula “l” confunde-se com o algarismo um “1”;
- “X, x” → A minúscula “x” confunde-se com o sinal de multiplicação (x);
- “Q, q” → O “Q” pode ser confundido com o “O” e o “q” com o “p”;
- “D, d” → O “d” pode ser confundido com o “b” e o “D” com o “O”;
- “C, c” → Em fadiga o “c” pode ser confundido com o “e”;
- “J, j” → Em fadiga o “j” pode ser confundido com o “i”;
- “V, v” → Em fadiga o “v” pode ser confundido com o “u”;
- “H, h” → É uma consoante muda.

As restantes foram emparelhadas, as maiúsculas com as minúsculas, em tabela de dupla entrada de forma a criar pares (ex.: Figura 1).

Desta forma, foi criado um conjunto de 450 pares de letras no qual 30

correspondiam a pares da mesma letra (ex.: Figura 1 b) e os restantes correspondiam a pares de letras diferentes (ex.: Figura 1 a). Estes estímulos foram apresentados a negro com fundo branco. O tipo de letra utilizado foi o “Times New Roman”. Cada estímulo foi precedido por um elemento fixador constituído por uma cruz centrada no ecrã. O elemento fixador teve por função criar um intervalo entre-estímulos com duração de 900 ms e centrar o campo visual do participante no estímulo que se seguiria. O estímulo desapareceu após a resposta do participante, reaparecendo o elemento fixador. Cada estímulo foi apresentado até ocorrer resposta, mas nunca por um período superior a 3 segundos. O participante respondeu a esta tarefa por períodos de 3 minutos.

2) Tarefa Experimental Espacial, constituída por pares de figuras (ex.: Figura 2). A figura da esquerda constituiu a “figura base”. Ou seja, foi com esta que o participante estabeleceu comparação para decidir sobre a igualdade das figuras. A figura da direita podia ser igual ou simétrica em relação à “figura base”. Em qualquer dos casos foi apresentada com uma rotação de 0 a 180° em intervalos de 10°. Deste modo, foram criados 19 pares para a situação de igual (Figura 2 a) e outros tantos para a situação de diferente (Figura 2 b), num total de 38 pares de figuras. Para o efeito foram criadas imagens das figuras usando o programa “Photoshop 5.0.2 da Adobe”. À semelhança da tarefa verbal foi incluído o elemento

Figura 1 a – Exemplo de par de letras diferentes

A r

Figura 1 b – Exemplo de par de letras iguais

a A

fixador (com as mesmas propriedades do referido anteriormente). Da mesma forma, cada estímulo foi apresentado até ocorrer resposta, mas nunca por um período superior a 3 segundos. O participante respondeu a esta tarefa por períodos de 3 minutos.

Para ambas as tarefas experimentais foi desenvolvida uma versão informática usando o programa "E-Prime v1.0".

Figura 2 a – Exemplo de estímulo espacial igual com um ângulo de rotação 30°

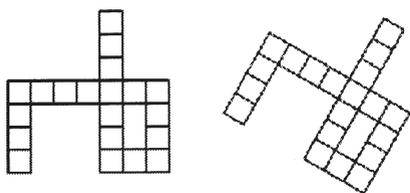
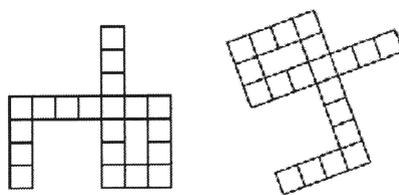


Figura 2 a – Exemplo de estímulo espacial diferente com um ângulo de rotação 70°



Procedimentos

No contexto de uma aula, foram convidados os alunos do 1º ano da Licenciatura em Psicologia da Universidade do Minho para participar neste estudo. Foi-lhes explicado, a todos, que o estudo tinha como objectivo avaliar a alternância hemisférica no desempenho cognitivo e o procedimento experimental a adoptar. Para além disto, ainda lhes foi assegurado que a sua participação não envolvia riscos para a saúde e que haveria anonimato. Foram também informados de que teriam de assinar um termo de consentimento informado.

As sessões decorreram no laboratório de Ciências Cognitivas da Universidade do Minho. Foram controladas a temperatura, o ruído e a luminosidade. Os participantes foram testados individualmente.

À chegada ao laboratório todo o procedimento foi novamente descrito ao participante, sendo-lhe dada a possibilidade de

desistir da experiência e informado do seu direito de desistir em qualquer altura do procedimento. Na sequência da aceitação de permanência no estudo foi-lhe pedido que assinasse um termo de consentimento informado. O participante sentou-se num cadeirão colocado em frente a um ecrã. A distância entre o ecrã e o cadeirão foi calculada para que os estímulos, tanto verbais quanto espaciais, tivessem uma

dimensão de cerca de 20° no campo visual do participante sentado no cadeirão.

As sessões iniciavam-se às 15:00. Cada tarefa era apresentada por um período de 3 minutos. Assim, iniciava-se com a apresentação da tarefa verbal, seguida de um intervalo de 1 minuto para descanso e da tarefa espacial. Esta sequência constituiu um ensaio. Terminado cada ensaio, decorreu um intervalo de 3 minutos. Cada sessão foi constituída por 32 ensaios completando um total de 5 horas e 30 minutos.

Foi pedido aos participantes para fazerem as suas escolhas "igual" ou "diferente" o mais rapidamente possível evitando cometer erros. Para tal, foi-lhes fornecido um teclado de computador, no qual a tecla "1" correspondia à resposta "igual" e a "2" correspondia à "diferente". O programa EPrime registou as respostas, gerando um ficheiro no qual foram identificadas as respostas correctas, as respostas erradas e as omissões.

Foi permitido treino em cada tarefa. Esse treino consistiu em responder a um ensaio, acompanhado pelo investigador, no qual foram indicados os pares iguais e os pares diferentes.

Tratamento de dados

Os resultados de cada participante foram tratados da forma habitual em estudos cronobiológicos. Em cada ensaio, para cada tarefa, foram calculadas as percentagens de respostas correctas. Alisaram-se as curvas assim obtidas para remover o ruído e altas-freqüências. Para o efeito recorreu-se à fórmula $xn_i = 0,25 \times x_{i-1} + 0,5 \times x_i + 0,25 \times x_{i+1}$, na qual xn_i representa o valor da percentagem de respostas correctas na posição i da série, calculado a partir dos valores que na série original ocupariam as posições anteriores, a mesma posição e a seguinte. Os dados foram convertidos em

notas Z usando a fórmula $Z_i = \frac{xn_i - \overline{xn}}{\sigma}$,

na qual Z_i representa a nota Z na posição serial i , calculada a partir da média das percentagens correctas (xn), subtraída à percentagem de respostas correctas da sessão i (xn_i), valor este dividido pelo desvio padrão (σ). A este resultado, foi removida a tendência por subtração da recta de ajuste aos resultados obtidos, no sentido de evitar os efeitos de aprendizagem e fadiga. Desta forma foram obtidas séries de dados às quais foi aplicado o “TSA-Serial Cosinor v5.1”. Este programa permitiu a realização das seguintes análises: “PERIODOGRAMA”; “ANÁLISE DE PERCENTAGEM DE RITMO” e “COSINOR”.

O periodograma espectral permite uma análise espectral fina sem usar correlações. Para além disto, não requer séries temporais de dados equidistantes, permitindo

calcular os períodos subjacentes numa série temporal.

A análise de percentagem de ritmo é outra análise espectral. Resulta da percentagem de ritmo associada à análise de cosinor. A percentagem de ritmo é a razão entre a variância esperada devido ao ritmo e a variância total dos dados.

A análise de cosinor consiste no cálculo da regressão de uma função coseno a uma série temporal, sendo deduzida a acrofase (ponto de amplitude máxima do período), o mesor (valor médio ao longo do qual ocorre a oscilação) e o período (tempo que os dados levam a repetir-se).

Resultados

Foram calculadas as fracções de respostas correctas para cada sujeito, tanto para a tarefa espacial, como para a tarefa verbal (Figura 3) ao longo dos ensaios.

Nestes gráficos podemos observar a qualidade do desempenho dos participantes: na maioria dos ensaios a percentagem de respostas correctas às tarefas encontra-se entre os 95% e os 100%.

Aos valores descritos acima aplicámos um alisamento e, em seguida, calcularam-se as notas Z. A estas foram ajustadas as respectivas linhas de tendência (Figura 4). Podemos constatar que em 60% das situações o declive é negativo, enquanto que nas restantes é positivo. Os declives mais acentuados são da ordem dos 4%. Para o participante 5, na tarefa verbal e para o participante 3 na tarefa espacial os declives são praticamente nulos.

Removida a tendência foram efectuados as análises de cosinor, no sentido de ajustar as curvas de ritmo aos dados (Figura 5). Como podemos constatar a partir das tabelas 1 e 2 os ajustes das curvas cosseno são razoáveis.

Figura 3 - Fracção de respostas correctas por ensaio

a) Participante 1; b) Participante 2; c) Participante 3; d) Participante 4; e) Participante 5

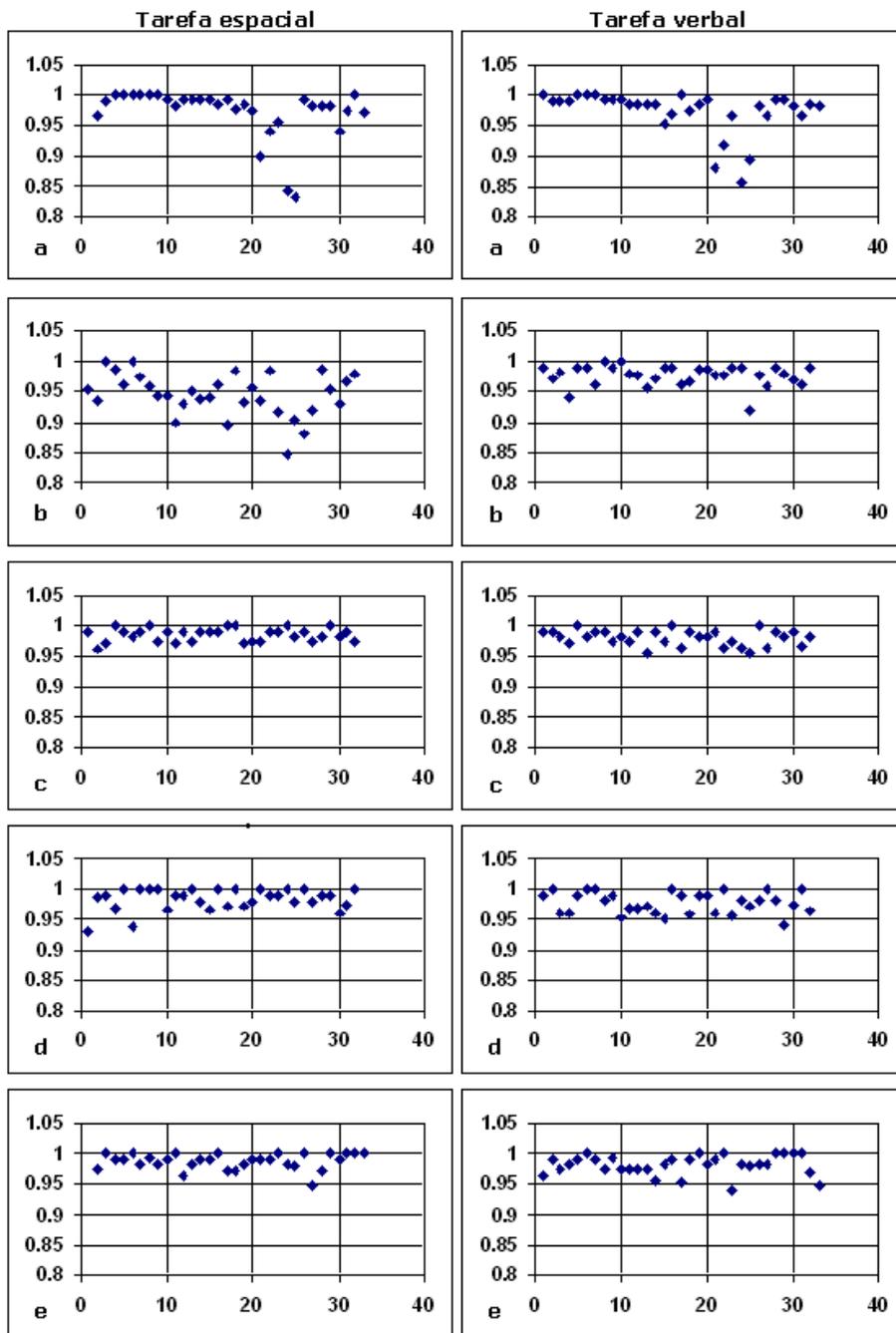


Figura 4 - Notas Z das respostas correctas por ensaio e respectiva regressão linear
a) Participante 1; b) Participante 2; c) Participante 3; d) Participante 4; e) Participante 5

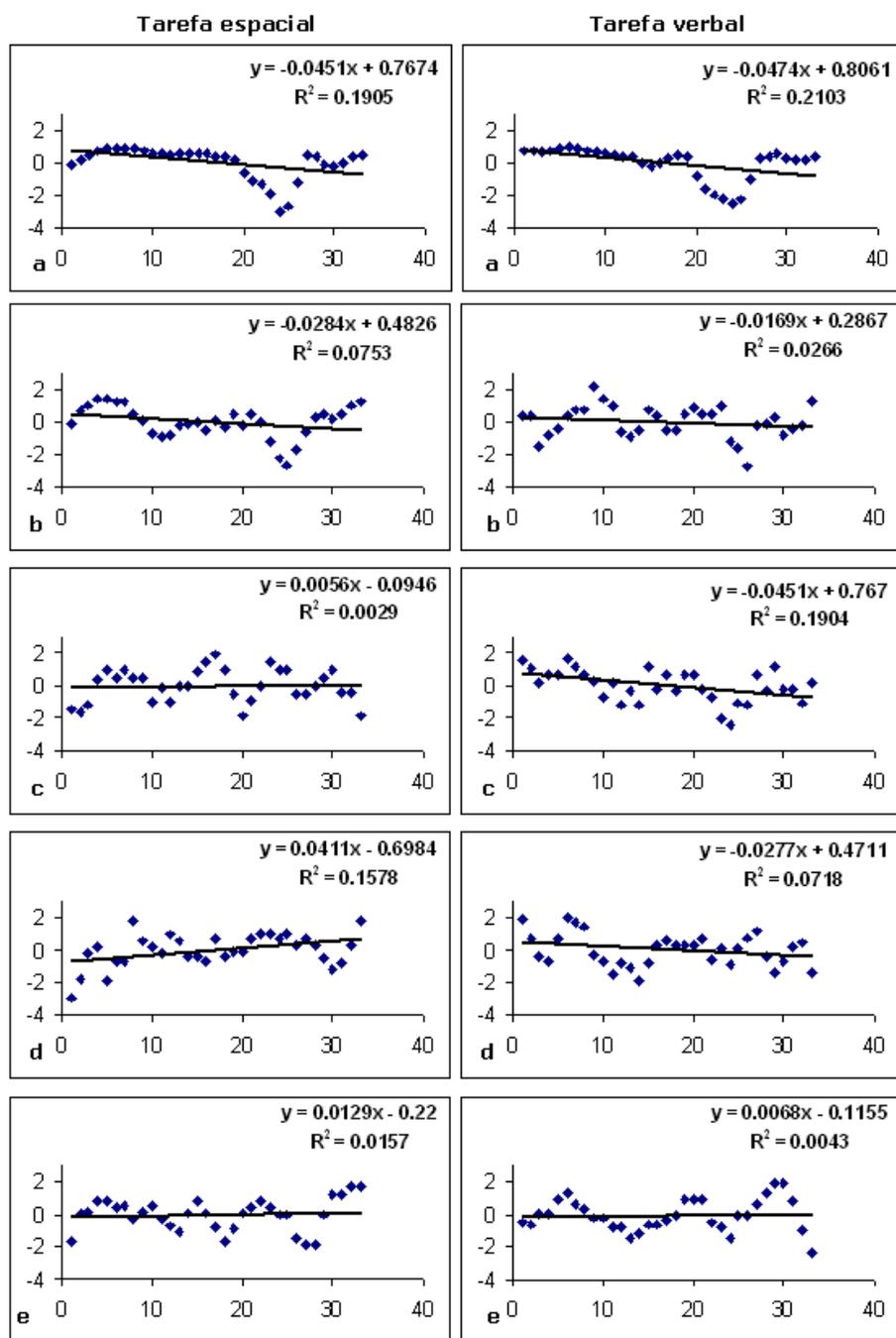
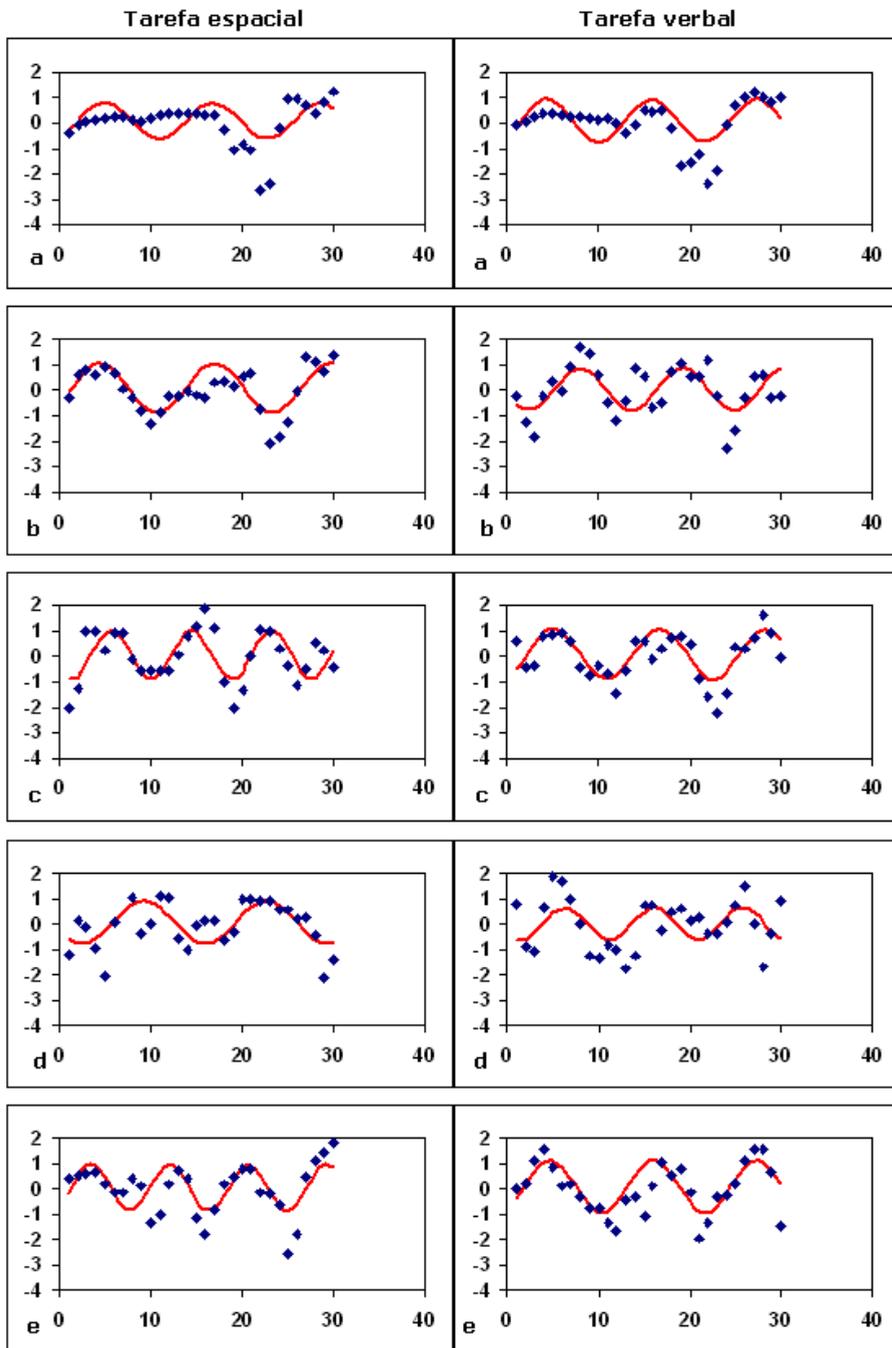


Figura 5 - Ajuste de cosinar aos resultados

a) Participante 1; b) Participante 2; c) Participante 3; d) Participante 4; e) Participante 5



Um resumo dos resultados das análises efectuadas é apresentado nas Tabelas 1 e 2. Nestas tabelas Podemos observar os períodos calculados pelos métodos espectrais descritos, a percentagem de

e DP = 14,66 e para a tarefa Espacial M = 44,96% e DP = 11,49.

A grande variação dos períodos para a tarefa Espacial não permite fazer o ajuste das acrofases (Figura 6: Tarefa Espacial)

Tabela 1 – Resultados obtidos para a tarefa Espacial

Participante	Período (min.)	% Ritmo	p
1	118	30,85	0,0069
2	126	61,86	0,0000
3	87,5	48,94	0,0001
4	134	40,01	0,001
5	85,8	43,17	0,0005

Tabela 2 – Resultados obtidos para a tarefa Verbal

Participante	Período (min.)	% Ritmo	p
1	115	41,62	0,0007
2	112	40,00	0,001
3	116	60,81	0,0000
4	97,4	22,80	0,0304
5	113	54,32	0,0000

ritmo (medida da variação justificada pelo ritmo) e a probabilidade de erro.

Pela análise dos dados por participante, constatamos que os ritmos não são muito expressivos nas duas tarefas experimentais (percentagens de ritmo inferiores a 70%). Contudo, podemos observar ritmicidade, na medida em que, em todos eles, a probabilidade de erro “p” é inferior a 5%, sendo o “p” mais elevado da ordem de 0,0304. Por outro lado, verifica-se que na tarefa Verbal o desvio padrão dos períodos é DP = 7,59. Este reduz-se acentuadamente para DP = 1,83 se retirado o participante 4, cujo “p = 0,0304”. Assim, é muito menor que o da tarefa Espacial (DP = 22,29). O mesmo não acontece para as percentagens de ritmo. Estas apresentam uma variabilidade estatística semelhante entre tarefas, não sendo possível distinguir as tarefas uma da outra: para a tarefa Verbal M = 43,95%

para a realização do cálculo do cosinor de grupo. No entanto, tal é possível para a tarefa Verbal (Figura 6: Tarefa Verbal). Ajustando as curvas dos participantes em função da acrofase de cada um e para cada uma das tarefas experimentais, para fins de análise COSINOR de Grupo, obtiveram-se os valores médios do grupo (Tabela 3).

Os resultados das análises efectuadas para a tarefa Verbal em grupo mostram que esta apresenta uma percentagem de ritmo superior a 70%, com uma probabilidade de erro próxima de zero.

Discussão

Discussão dos resultados e conclusões

Relativamente à qualidade do desempenho, pela análise dos resultados, concluímos que

Figura 6 - Ajuste das acrofases por tarefa

a) Participante 1; b) Participante 2; c) Participante 3; d) Participante 4; e) Participante 5

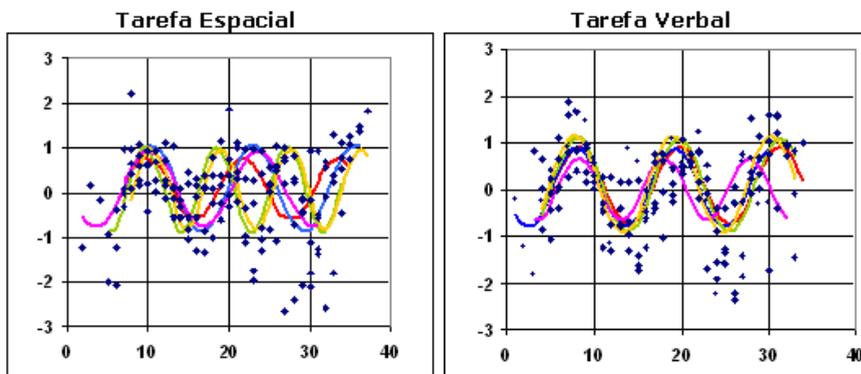


Tabela 3 – Valores médios para o Grupo Tarefas Verbais

Dados	Período	% Ritmo	p
Verbais	114	75,90	0,0000

a maioria dos participantes obteve desempenhos entre os 95 e os 100%. Embora ocorram situações em que os resultados apresentam valores abaixo de 95%, a situação mais crítica está relacionada com o facto de ser impossível obter resultados superiores a 100%. Este facto provoca um efeito de topo que poderia mascarar ou atenuar o ritmo existente. Ainda assim, como vimos, foi possível identificar os ritmos associados às tarefas.

Quando se verificam as tendências observa-se que a maior parte das curvas apresentam declive negativo, o que sugere a existência de fadiga ao longo do estudo. No entanto, ao fazermos uma observação por tarefa, apercebemo-nos de que, no que diz respeito à tarefa espacial, ocorrem mais declives positivos. Este facto sugere a eventual existência de aprendizagem. Através da análise COSINOR de grupo confirmámos a nossa primeira hipótese. Segundo a mesma, esperávamos que na tarefa Verbal ocorresse um ritmo das percentagens de respostas correctas com

período entre 80 e 120 minutos em conjunto com uma percentagem de ritmo elevada. De facto, o período da tarefa Verbal foi de 114 minutos. Isto é, parece existir ritmo na percentagem de respostas correctas ao longo dos ensaios na tarefa experimental Verbal. Assim, observa-se um período dentro do intervalo previsto sendo a percentagem de ritmo elevada. Quando se consideram os valores obtidos individualmente pelos participantes, verifica-se que a hipótese continua a ser confirmada relativamente aos períodos, na medida em que oscilam entre 97,4 e 116 minutos. Para além de se confirmar a nossa primeira hipótese, os resultados também estão de acordo com os trabalhos de Klein e Armitage (1979), na medida em que ocorre pouca variabilidade entre os sujeitos. Apesar de a primeira hipótese ter sido testada em termos de grupo e não de indivíduos, quando se consideram as percentagens de ritmo individuais os valores são muito baixos. Isto deve-se ao facto de, na análise individual, os casos

extremos assumirem um elevado peso na determinação dos parâmetros cronobiológicos, bem como ao facto da quantidade de dados recolhidos ser pequena para cada participante. Assim, quando se tem em conta o grupo quintuplica-se (5 participantes) o número de valores em torno da curva de ajuste, reduzindo a importância desses casos extremos. Por outro lado, como também há uma reduzida variabilidade dos períodos, é possível ajustar as acrofases para calcular esses parâmetros de grupo sem correr o risco de introduzir erros devidos aos desfasamentos entre os ciclos. Relativamente à segunda hipótese, segundo a qual na tarefa espacial se esperaria que o período do ritmo fosse diferente e com uma percentagem de ritmo significativamente inferior, os nossos resultados não a confirmaram. Por um lado, a análise dos dados de grupo foi inviabilizada devido à grande diferença entre os períodos obtidos. Por outro, quando se analisaram os participantes individualmente, não houve uma diferença substancial na percentagem de ritmo entre as duas tarefas. Inicialmente havíamos pensado que a diferença que viríamos a obter no desempenho nas tarefas estivesse relacionada com a percentagem de ritmo apresentada. Este raciocínio, baseado na bibliografia existente que mostra que os ritmos dos dois hemisférios se encontram em contra-fase, estabelecia que o ritmo obtido numa operação conjunta dos dois hemisférios seria, de alguma forma, uma composição (por exemplo a soma) das componentes rítmicas de cada um dos hemisférios. Desta forma, seria muito menos expressivo, isto é, as suas amplitudes seriam menores. Com efeito, os resultados apontam para uma perspectiva diferente: na tarefa de rotação mental os dois hemisférios são solicitados a resolver a tarefa (Jordan, Heinze, Lutz, Kanowski e Jäncke, 2001) e os dados

indicam que, para essa tarefa, existe maior variabilidade na periodicidade estudada entre participantes. Em função disto, não se poderá concluir que o ritmo dos dois hemisférios seja resultado de uma transformação linear dos ritmos de activação relativa (Broughton, 1975), mas sim de uma composição não linear da activação devido à cooperação inter-hemisférica.

Limitações ao estudo

Do ponto de vista metodológico, o estudo possui limitações que se prendem com o reduzido número de participantes e o excessivo tempo de exposição às tarefas. Contudo, como não pretendemos garantir a validade externa do mesmo, o número exíguo de participantes não constitui um entrave. A fadiga decorrente da prolongada exposição às tarefas pôde ser controlada pelos métodos que referimos na introdução, o que garante a validade interna do estudo. Um aspecto positivo é o facto de se tratar de um estudo experimental em contexto controlado. O facto de seleccionarmos apenas indivíduos do sexo masculino deve-se às diferenças na organização neurocognitiva entre homens e mulheres (Haier & Benbow, 1995).

A quantidade de dados recolhida foi limitada pelas circunstâncias experimentais. Tivemos o cuidado de respeitar a amostragem mínima necessária na recolha dos dados e foi com base nesse valor que definimos a duração dos ensaios, assim como o tempo das sessões. A definição do tempo para cada sessão também teve em consideração a exequibilidade. De facto, as sessões foram limitadas a pouco mais de 5 horas no sentido de precaver a desistência dos participantes por fadiga. As tarefas envolvidas no estudo também apresentam limitações. Embora na literatura a tarefa verbal apareça definida como exclusiva do hemisfério esquerdo é neces-

sário não esquecer que não existe controlo da apresentação do estímulo no que diz respeito ao campo visual. De facto, os estímulos foram apresentados simultaneamente a ambos os hemisférios. Isto significa que, pelo menos, ao nível do lobo occipital ocorre actividade simultânea. Por outro lado, mesmo na linguagem o hemisfério direito é activado, nomeadamente na prosódica e não sendo seguro afirmar que não seja activado mesmo em tarefas que utilizem estímulos visuais.

A tarefa espacial utilizada pode não ser a mais adequada para o estudo dos ritmos ultradianos do desempenho cognitivo. Embora venha referida na literatura como suscitando a activação dos dois hemisférios, não foi encontrada qualquer referência à sua utilização ao nível da cronopsicologia.

Propostas para o futuro

As diferenças individuais encontradas podem estar relacionadas com factores descritos acima. Por outro lado, em conversa informal tida com os participantes após o término da sessão ficou a ideia, levantada por alguns deles, de que ao nível da tarefa da rotação mental existiam variações na estratégia que levava à resposta. As diferenças entre participantes podem, assim, estar relacionadas com as diferentes estratégias usadas e com variações ocorridas nestas ao longo do tempo. Assim, ressalta a necessidade de se prosseguirem estudos com tarefas que impliquem os dois hemisférios cerebrais, considerando a possibilidade da ocorrência de variação de estratégias durante as operações mentais ao longo do tempo. Uma forma de conseguir avaliar variações estratégicas ao longo do tempo seria através da concepção de quatro tarefas distintas: duas das quais que implicassem a utilização dos dois hemisférios e outras duas

que apelassem cada uma ao seu hemisfério. As quatro tarefas deveriam ser apresentadas ao mesmo tempo, num ecrã, à semelhança das provas de atenção distribuída. Se for pedido ao participante que responda a todos os estímulos o mais rapidamente possível evitando cometer erros. Assim, será possível identificar quais os estímulos que retêm a atenção do participante ao longo do tempo e a existência de variações ao longo do tempo. Para além disto, poderemos avaliar a ocorrência de padrões nas respostas. Dadas 4 tarefas apresentadas em simultâneo, o participante poderá: responder à 1^a, 2^a, 3^a e depois à 4^a, como quem faz um circuito; ignorar ou dar preferência a determinadas tarefas ou apresentar qualquer outra combinação. Estes padrões podem ser estacionários ou terem uma distribuição temporal. Em qualquer dos casos, este tipo de investigação poderia dar pistas importantes no que diz respeito à forma como o nosso cérebro funciona como um todo, tendo em conta as partes.

Referências bibliográficas

- Alferes, V. (1997). *Investigação científica em psicologia: teoria e prática*. Coimbra: Almedina.
- Beugnet-Lambert, C., Lancry, A. e Leconte, P. (1988). *Chronopsychologie: rythmes et activité humaines*. Lille: Presses Universitaires de Lille.
- Cohen, D.B. (1979). *Sleep and dreaming: origin, nature and functions*. Oxford: Pergamon.
- Corballis, M.C. (1997). Mental rotation and the right hemisphere. *Brain and language*, Vol.57 (1): 100-121.
- Cugini, P. (1993). Chronobiology: principles and methods. *Medical Semeiology and Methodology*, 29, 483-500.

- Cutting, J (1997). *Principles of psychopathology: two worlds – two minds – two hemispheres*. Oxford University Press: Oxford.
- Damáso, A.R., Chui, H.C., Corbett, J., Kassel, N. (1980). Posterior callosal section in a non-epileptic patient. *J Neurol Neurosurg psychiatry*, 43: 351-6.
- Devlin, K. (2002). *Matemática: a ciência dos padrões*. Porto: Porto Editora.
- Galotti, K.M. (1994). *Cognitive psychology: In and out of the laboratory*. Belmont, California: Brooks/Cole.
- Geschwind, e Galaburda (1985). Cerebral lateralization: biological mechanisms, associations and pathology. *Archives of Neurology*, 42: 428-459, 521-654.
- Geschwind, e Levitsky (1968). Human brain: Left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 161: 186- 187.
- Glass, A. L., Holyoak, K.J., Santa, J.L. (1979). *Cognition*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc: Philippines.
- Habib, M. (2000). *Bases neurológicas dos comportamentos*. Lisboa: Climepsi Editores.
- Haier, R.J., e Benbow, C.P. (1995). Sexdifferences and lateralization in temporal-lobe glucose-metabolism during mathematical reasoning. *Developmental Neuropsychology*, Vol.1 (4): 405.
- Horne, J. e Ostberg, O. (1976). A self assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4: 97-110.
- Jordan, K., Heinze, H-J., Lutz, K., Kanowski, M. e Jäncke, L. (2001). Cortical Activations during the Mental Rotation of Different Visual Objects. *NeuroImage* 13: 143–152.
- Klein, R. e Armitage, R. (1979). Rhythms in human performance: 1° - hour oscillations in cognitive style. *Science* 204: 1326 – 1328.
- Kleitman, N. (1969). Basic rest-activity cycle in relation to sleep and wakefulness. In A. Kales (Ed.), *Sleep: physiology and pathology* (pp. 33-38). Philadelphia, PA: Lippincott.
- Lavie, P., Kripke, D.F. (1981). Ultradian circa 1° hour rhythms: A multioscillatory system. *Life Sciences*, 29: 2445-2450.
- Mackay, W. (1999). *Neurofisiologia sem lágrimas*. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa.
- Minors, D. e Waterhouse, J. (1981). Rhythms in Mental Performance. In D. Minors e J. Waterhouse (Eds.), *Circadian Rhythms and the Human* (pp. 120-139). Bristol: John Wright e Sons Ltd.
- Monk, T.H. (1992). Chronobiology of Mental Performance. In Y. Tovitov e E. Haus (Eds.), *Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine* (pp. 208-213). Berlin: Springer-Verlag.
- Morilon, P. (1974). *Sentire, sensus, sentential. Recherche sur le vocabulaire de la vie intellectuel, affective et physiologique en latin*. Lille: Univerité de Lille III.
- Paillard, J. (2000). The neurobiological roots of rational thinking. In H.Cruse et al. (eds.), *Prerational Intelligence: Adaptative Behavior and Intelligent Systems Without Symbols and Logic*, Volume 1, (pp. 343-355). Kluwer Academic Publishers: Netherlands.
- Pio-Abreu, J., Vaz-Pato, M. (1981). A utilização de uma escala de rastreio em epidemiologia psiquiátrica. *Psiquiatria Clínica*, 2 (2): 129-133.
- Posner, M. (1980) *Cognição*. Interamericana: Rio de Janeiro.
- Posner, M. (1986). *Chronometric explorations of the mind*. Oxford University Press: New York.

- Posner, M., Raichle, M. (2001). *Imagens da Mente*. Porto Editora: Porto.
- Rosenzweig, M. e Leiman, A. (1992). *Psicologia fisiologica*. McGraw Hill: Madrid.
- Scheibel, Paul, Fried, Forsythe, Tomiyasu, Wechsler, Kao e Slotnick (1985). Dendritic organization of the anterior speech area. *Experimental Neurology*, 87: 109-117.
- Silva, C. (2000). Fundamentos teóricos e aplicações da cronobiologia. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 5 (2), 253-265.
- Silva, C., Macedo, F, Rodrigues, P. e Klein, J. (2000). Investigação em Cronobiologia *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 5 (2), 267-283.
- Solso (1979). *Cognitive psychology*. Allyn and Bacon: Needham Heights.
- Testu, F. e Clarisse, R. (1999). Time-of-Day and Day-of-week effects on mnemonic performance. *Chronobiology International*, 16 (4) : 491-503.

