

**Luana Lira Righi**

**Assimetria interlateral da atenção visuoespacial  
automática em tarefas de discriminação de forma  
e de localização**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em Fisiologia Humana.

Área de concentração: Fisiologia Humana

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle

**São Paulo**

**2009**

## RESUMO

Righi LL. Assimetria interlateral da atenção visuoespacial automática em tarefas de discriminação de forma e de localização [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo; 2008.

Há evidências de que a orientação da atenção para o hemisfério direito seria mais eficiente do que a orientação para o hemisfério esquerdo. Outros trabalhos mostram uma assimetria quanto às vias visuais ventral e dorsal. A primeira, responsável pelo processamento de objetos, seria mais ativa no hemisfério esquerdo e a segunda, responsável pela localização de estímulos, seria mais ativa no hemisfério direito. A hipótese testada foi se a assimetria das vias visuais poderia interferir na assimetria da atenção. Neste caso em uma tarefa em que a atenção e a via visual ventral fossem mobilizadas, o processamento visual de um estímulo que aparecesse no hemisfério direito seria mais facilitado devido à atenção e devido à dominância hemisférica da via visual ventral. Assim encontraríamos uma clara assimetria comportamental para o hemisfério direito. Por outro lado, em uma tarefa em que a atenção e a via visual dorsal fossem mobilizadas, o processamento visual de um estímulo que aparecesse no hemisfério direito seria facilitado pela atenção. Já um estímulo visual que aparecesse no hemisfério esquerdo seria facilitado pela via visual dorsal. Então não encontraríamos uma assimetria comportamental tão clara entre os hemisférios. Para testar esta hipótese realizamos dois experimentos em que mobilizamos a atenção automática dos participantes através de um estímulo precedente periférico. Os participantes deveriam responder ao estímulo alvo que poderia aparecer do mesmo lado do estímulo precedente ou do lado oposto. O primeiro experimento foi uma tarefa de discriminação de forma, envolvendo a via ventral. O segundo experimento foi de discriminação de local, envolvendo a via dorsal. Foi encontrada assimetria para o lado direito do espaço nos dois experimentos: os tempos de reação foram menores quando o estímulo alvo aparecia do lado direito; o efeito atencional (tempo de reação para quando o estímulo alvo aparecia do lado oposto ao estímulo precedente, menos o tempo de reação para quando eles apareciam do mesmo lado) foi maior quando a atenção era orientada para o lado direito do espaço. Portanto a manifestação comportamental da assimetria foi de acordo apenas com o lado para o qual a atenção é preferencialmente mobilizada. O que sugere que o fator determinante para essa manifestação é a assimetria atencional, mas não a assimetria das vias visuais.

Palavras-chave: Atenção visual. Tempo de reação. Assimetria. Discriminação visual.

## **ABSTRACT**

Righi LL. Interlateral asymmetry of visuospatial automatic attention in shape discrimination and location discrimination tasks [Master thesis]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo; 2008.

Recent studies have shown that attention orienting to the right hemifield is more efficient than attention orienting to the left hemifield. Other studies have shown that the two hemispheres process visual stimuli differently: the ventral visual pathway, which processes object shape, is more active in the left hemisphere, while the dorsal visual pathway, which processes object location, is more active in the right hemisphere. This work investigated whether this interhemispheric sensory asymmetry interacts with the interlateral attentional asymmetry. Two experiments were performed. In Experiment 1 a task requiring shape discrimination was used. It was expected a strong bias to the right side, since both attention and sensory processing would favor this side. In Experiment 2 a task requiring location discrimination was used. It was expected now a much smaller bias to the right side, since attention would favor the right side but sensory processing would favor the left side. Automatic attention was mobilized by a peripheral visual prime stimulus. The subjects should respond to a target stimulus which could appear in the same location as the prime stimulus or in a contralateral location. Results were very similar in the two experiments. Reaction times to the target stimulus in the right hemifield were shorter than those to the target stimulus in the left hemifield. The attentional effect (reaction time for the opposite location condition minus reaction time for the same location condition) was larger when attention was oriented to the right side. This interlateral asymmetry was probably due to the attentional bias to the right side. Interhemispheric sensory asymmetries apparently were not strong enough to influence behavior in the present experimental conditions.

Key words: Visual attention. Reaction time. Asymmetry. Visual discrimination.

# INTRODUÇÃO

## *Assimetrias interhemisféricas atencionais*

Atenção visuoespacial é a atividade neural que seleciona certas regiões do espaço em detrimento das demais. Estímulos visuais que aparecem na região selecionada são processados de modo mais eficaz, do que quando aparecem em uma região não selecionada.

As áreas responsáveis pela atenção são principalmente as pertencentes à chamada rede fronto-parietal (Corbetta e Shulman, 2002; Hopfinger, Buonocore e Mangun, 2000; Kastner et al., 1999; Kanwisher e Wojciulik, 2000; Posner e Rothbart, 2007). Sinais neurais, provenientes dessa rede, podem modular a atividade de áreas visuais através de conexões recorrentes (Lamme e Roelfsema, 2000). Essa modulação é o papel efetivo da atenção.

A atuação da atenção pode acontecer tanto em áreas visuais hierarquicamente inferiores como superiores. Estudos utilizando imageamento funcional por ressonância magnética mostraram ativação de córtex estriado e/ou extra-estriado durante a discriminação de estímulos visuais, em tarefas em que a atenção era mobilizada (Martinez et al., 1999; Mc Mains e Somers, 2004; Liu, Pestilli e Carrasco, 2005; Munneke, Heslenfeld e Theeuwes, 2008; veja Kastner e Pinsk, 2004).

Alguns autores consideram que a modulação realizada pela atenção, seria aumentar a atividade das áreas visuais correspondentes ao processamento das regiões no espaço, para onde a atenção foi direcionada (Hopfinger, Buonocore e Mangun, 2000; Kastner *et al.*, 1999; Muller et al., 2003; Liu, Pestilli e Carrasco, 2005). E devido a esse aumento, o processamento do estímulo visual que aparece na região atendida pela atenção é facilitado. Outros autores consideram que a atenção diminui a atividade das áreas correspondentes ao processamento das regiões não atendidas (Serences et al., 2004). Os estímulos que aparecem na região não atendida têm o processamento inibido. Assim, relativamente aos demais estímulos, o estímulo atendido é privilegiado. E ainda, outros autores discutem que atenção tanto aumenta a atividade das áreas corticais correspondentes ao processamento da região do espaço atendida, como

diminui a atividade das demais áreas (Tootell et al., 1998; Somers et al., 1999; Silver, Ress e Hegeer, 2007).

Portanto a literatura não chega a um consenso quanto a qual é o exato mecanismo da modulação realizada pela atenção, sobre áreas visuais. No entanto, independente do mecanismo exato da atenção, temos como efeito, a facilitação do processamento visual no local para o qual a atenção foi orientada, e a consequente inibição dos demais locais.

A atenção visuoespacial pode ser mobilizada voluntariamente ou automaticamente. A primeira ocorre quando a seleção de estímulos ou de uma região do espaço ocorre voluntariamente e demora cerca de 300 ms para atuar (Cheal, Lyon e Hubbard, 1991). A atenção automática, a qual será analisada neste trabalho, ocorre quando a seleção de uma região do espaço ocorre automaticamente, por exemplo, através do aparecimento de um estímulo abrupto. Ela demora 50 ms para atuar (Nackayama e Mackeben, 1988; Warner *et al.*, 1990; Castro-Barros *et al.*, 2008).

Os procedimentos que a literatura utiliza para o estudo da atenção automática são baseados em um teste desenvolvido por Posner (Posner e Cohen, 1984). Este consistia na apresentação de estímulos visuais em uma tela de monitor de vídeo, a um dos quais os sujeitos deviam responder. Os estímulos eram três quadrados (um à esquerda, central e outro à direita) que permaneciam na tela durante todo o teste. O brilho de um dos quadrados periféricos aumentava, constituindo o estímulo precedente. Após um intervalo de tempo, outro estímulo visual aparecia no interior de um dos quadrados. Este estímulo, chamado alvo, poderia aparecer do mesmo lado que o precedente (condição mesma) ou do lado oposto (condição oposta). O sujeito deveria responder ao estímulo alvo, apertando uma tecla do lado correspondente ao lado de seu aparecimento. Era medido, então, o tempo de reação do sujeito, ou seja, o intervalo de tempo entre o aparecimento do estímulo alvo e a sua resposta.

Posner e Cohen (1984) obtiveram um tempo de reação menor e uma acurácia maior na condição mesma do que na oposta, o que atribuíram à orientação da atenção promovida pelo estímulo precedente.

Quando o estímulo precedente aparece, por ser abrupto, a atenção automática é

orientada para aquela região do espaço (Posner e Cohen, 1984). Assim o processamento de qualquer estímulo, que apareça logo em seguida naquela região, será mais acurado e mais rápido. Por isso a acurácia dos sujeitos, nessa condição, foi maior e o tempo de reação menor (mais rápido). Já o processamento do estímulo que aparece na região para qual a atenção não foi orientada, é menos acurado e mais lento. Por isso a acurácia dos sujeitos, nessa condição, foi menor e o tempo de reação maior (mais lento).

A diferença no desempenho dos sujeitos, entre as posições mesma e oposta, é chamada de efeito atencional. A análise desse efeito é muito utilizada em estudos da atenção, pois é um modo de se estimar quantitativamente a ação da atenção na tarefa.

Há evidências de que as regiões responsáveis pela atenção são ativadas assimetricamente entre os hemisférios cerebrais. Corbetta et al. (1993), utilizando a técnica de tomografia por emissão de pósitrons (TEP), mostraram que quando a atenção é direcionada para o lado direito do espaço os córtices parietais superiores direito e esquerdo são ativados. Já quando a atenção é direcionada para o lado esquerdo, apenas o córtex parietal superior direito é ativado. Estudos posteriores encontraram esse mesmo padrão de ativação (Kim et al., 1999; Nobre et al., 1997).

Baseado nos achados de neuroimagem, Mesulam (1999) propôs que o hemisfério direito contém uma rede neuronal para direcionar a atenção para ambos os hemisférios. Já o hemisfério esquerdo, segundo Mesulam (1999), possui uma rede neuronal apenas para direcionar a atenção para o hemisfério contralateral. Seguindo esse modelo, a orientação e a reorientação da atenção para o lado direito seria mais eficiente.

Certas lesões do hemisfério direito (córtex parietal e/ou córtex frontal) causam distúrbios interpretados como atencionais mais severos e mais frequentes do que lesões do hemisfério esquerdo. Estes distúrbios fazem parte da Síndrome da Heminégligência e Extinção (Bartolomeo e Chokron, 2002; Kerkhoff, 2001; Mort et al., 2003; Vallar, 2001).

A Heminégligência é caracterizada pela perda da habilidade de reagir a estímulos sensoriais presentes no hemiespaço contralateral à lesão (Bartolomeo e

Chokron, 2002; Kerkhoff, 2001; Mort et al., 2003; Vallar, 2001). A Extinção é caracterizada pela ausência de reação a um estímulo apresentado contralateralmente à lesão, quando outro estímulo é apresentado ao mesmo tempo do lado ipsilateral (Bartolomeo e Chokron, 2002; Kerkhoff, 2001; Mort et al., 2003; Vallar, 2001). A Extinção pode estar associada ou não à Heminegligência e ainda pode ficar como um resíduo desta (Kerkhoff, 2001; Geeraerts, 2005; Smania, 1998). Há uma discussão na literatura se Extinção e Heminegligência ocorrem devido aos mesmos mecanismos, alguns autores consideram que sim (Geeraerts, 2005), outros que não (Kerkhoff, 2001; Smania, 1998). Mas esses autores concordam que ambas resultam de um déficit atencional. E como já dito, esse prejuízo é mais severo e mais frequente após lesão do hemisfério direito, representando mais uma evidência de que os mecanismos atencionais estão assimetricamente representados entre os hemisférios cerebrais.

A assimetria dos mecanismos atencionais pode se manifestar comportamentalmente. Pollmann (1996) encontrou uma assimetria favorecendo o lado direito do espaço. Nas tarefas que esse autor utilizou, o sujeito deveria responder a um estímulo alvo que estava em meio a vários distraidores sendo um deles, localizado contralateralmente, muito saliente (*pop-out*). Por ser muito saliente, este estímulo mobilizava a atenção automaticamente para a sua posição no espaço. Assim, para que o alvo fosse discriminado, a atenção precisava ser reorientada do local de aparecimento do distraidor saliente, para o local de aparecimento do estímulo alvo. Quando o distraidor saliente aparecia do lado esquerdo e o alvo do lado direito, o tempo de reação dos sujeitos era menor do que quando distraidor saliente aparecia do lado direito e o alvo do lado esquerdo. O autor explica essa diferença como uma reorientação da atenção mais eficiente para o lado direito.

Posteriormente outros trabalhos encontraram uma assimetria favorecendo o lado direito do espaço. Evert e Oscar-Berman (2001) evidenciaram uma assimetria em uma tarefa em que o sujeito deveria responder ao alvo na presença de um distraidor. No trabalho de Castro-Barros et al. (2008), a assimetria foi evidenciada mais claramente em uma tarefa que exigia discriminação entre duas formas: entre um estímulo alvo positivo, ao qual o voluntário deveria responder, e entre um estímulo alvo negativo, ao qual o voluntário não deveria responder.

## *Assimetrias interhemisféricas das vias visuais*

Consideremos uma situação do cotidiano, em que alguém quer atravessar a rua. Essa pessoa olha para os dois lados, vê que não está vindo carro algum e decide atravessar. No entanto quando ela dá o primeiro passo uma imagem se projeta sobre sua retina. Esta passará por uma série de processamentos até que a pessoa possa identificar que aquela imagem é a de um carro.

Quando a imagem de um estímulo visual é projetada na retina, há ativação de fotorreceptores, cones e bastonetes.

Os cones realizam sinapse principalmente com células bipolares anãs e estas com células ganglionares parvo. Em seguida as sinapses são estabelecidas principalmente com neurônios das camadas ventrais (parvocelulares) do núcleo geniculado lateral. Estes neurônios projetam-se para uma camada específica do córtex estriado (V1) a 4C $\alpha$  (Schwartz, 2004). Os neurônios desta região projetam-se para o córtex extra-estriado, V2 que se projeta para V4 e então para córtex ínfero-temporal. Esta é a denominada via visual ventral. Ela é considerada a principal responsável pelo processamento da cor e da forma dos objetos (Ungerleider e Mishkin<sup>1</sup>, 1982 apud Milner e Goodale, 2008; Haxby et al., 1991; Ungerleider e Haxby, 1994; Schwartz, 2004; Connor et al., 2007).

Bastonetes realizam sinapse principalmente com células bipolares difusas e estas com células ganglionares magno. Em seguida as sinapses são estabelecidas principalmente com neurônios das camadas dorsais (magnocelulares) do núcleo geniculado lateral. Estes neurônios projetam-se para uma camada específica do córtex estriado (V1) a 4C $\beta$  (Schwartz, 2004). Os neurônios desta região projetam-se para córtex extra-estriado, V2 que se projeta para córtex têmporomedial e então para córtex parietal posterior. Esta é a denominada via visual dorsal. Ela é considerada a principal responsável pelo processamento de movimento, posição espacial e orientação dos objetos (Ungerleider e Mishkin<sup>1</sup>, 1982 apud Milner e Goodale, 2008; Haxby et al., 1991; Ungerleider e Haxby, 1994; Schwartz, 2004; Valyear et al., 2006).

Há evidências de que o processamento de cada uma das características do estímulo visual é assimétrico entre os dois hemisférios cerebrais. O hemisfério

<sup>1</sup> Ungerleider LG, Mishkin M. Two cortical visual systems. In: Ingle DJ, Goodale MA, Mansfield RJW, editors. Analysis of visual behavior. Cambridge: MIT Press; 1982. p. 549-589.



Posteriormente Shen et al. (1999) realizaram uma tarefa em que sujeitos assistiam a apresentações consecutivas de estímulos visuais. Em algumas tentativas era preciso julgar se os diferentes estímulos apareciam sempre na mesma localização. Em outras tentativas era preciso julgar se os diferentes estímulos tinham a mesma forma. E para emitir sua resposta, os sujeitos deveriam apertar uma chave. Foi realizado imageamento funcional por ressonância magnética. Os autores observaram que no primeiro tipo de tarefa, estavam ativas, predominantemente, áreas pertencentes à via visual dorsal no hemisfério direito. Já no segundo tipo de tarefa, estavam ativas, predominantemente, áreas pertencentes à via visual ventral no hemisfério esquerdo.

Funnel et al. (1999) apresentaram pares de imagens a um sujeito calosotomizado. Esses pares poderiam ser duas imagens iguais ou espelhadas. Eles poderiam ser apresentados em qualquer um dos hemisférios visuais e o sujeito deveria responder se as imagens eram iguais ou espelhadas. Os autores encontraram um maior número de acertos quando os pares eram apresentados no hemisfério esquerdo (hemisfério direito) em relação ao hemisfério direito (hemisfério esquerdo). Esse resultado foi atribuído ao fato de que o hemisfério direito é mais hábil para realizar tarefas visuoespaciais, sendo a via visual dorsal a responsável por esse processamento (Ungerleider e Mishkin<sup>3</sup>, 1982 apud Milner e Goodale, 2008; Haxby et al., 1991; Ungerleider e Haxby, 1994; Schwartz, 2004).

Corballis et al. (2002) também examinaram sujeitos calosotomizados. Duas linhas eram apresentadas em um dos hemisférios visuais. Elas poderiam ser paralelas ou poderiam variar sua orientação por 2, 4 ou 6°. Os sujeitos deveriam julgar se as linhas eram ou não paralelas. Houve um maior número de acertos quando as linhas apareciam no hemisfério esquerdo (hemisfério direito) em relação ao hemisfério direito (hemisfério esquerdo). Os autores concluíram que esse resultado se devia à maior capacidade do hemisfério direito quanto ao processamento visuoespacial o qual a via visual dorsal está envolvida (Ungerleider e Mishkin<sup>3</sup>, 1982 apud Milner e Goodale, 2008; Haxby et al., 1991; Ungerleider e Haxby, 1994; Schwartz, 2004).

---

<sup>3</sup> Ungerleider LG, Mishkin M. Two cortical visual systems. In: Ingle DJ, Goodale MA, Mansfield RJW, editors. Analysis of visual behavior. Cambridge: MIT Press; 1982. p. 549-589.

esquerdo seria capaz de desempenhar de maneira mais eficiente, em relação ao direito, tarefas em que a via visual ventral está preferencialmente envolvida (Sergent et al., 1992; Köhler et al., 1995; Liotti e Tucker, 1995; Shen et al., 1999). Por outro lado o hemisfério direito seria capaz de desempenhar de maneira mais eficiente, em relação ao esquerdo, tarefas em que a via visual dorsal está preferencialmente envolvida (Sergent et al., 1992; Köhler et al., 1995; Liotti e Tucker, 1995; Funnel et al., 1999; Shen et al., 1999; Corballis et al., 2002).

Sergent et al. (1992) realizaram uma série de tarefas visuais. Em uma delas os examinadores apresentavam grades, no centro da tela de um computador, que poderiam estar orientadas verticalmente ou horizontalmente. Estas grades são processadas por áreas visuais mais inferiores hierarquicamente (V1, por exemplo). Os sujeitos deveriam discriminar a orientação dessas grades. Em outra tarefa eram apresentados objetos que poderiam ser considerados vivos (por exemplo, gato, árvore ou peixe) ou não vivos (por exemplo, carro, garfo ou mesa). Os sujeitos deveriam reconhecer se os objetos eram vivos ou não vivos. Através da TEP os autores encontraram uma maior ativação do hemisfério esquerdo na segunda tarefa em relação à primeira. Eles concluem que este hemisfério seria mais especializado para o reconhecimento de objetos, tarefa desempenhada pela via visual ventral (Ungerleider e Mishkin<sup>2</sup>, 1982 apud Milner e Goodale, 2008; Haxby et al., 1991; Ungerleider e Haxby, 1994; Schwartz, 2004; Connor et al., 2007).

Köhler et al. (1995) mediram fluxo sanguíneo cerebral, através da técnica TEP, enquanto sujeitos desempenhavam tarefas visuoespaciais e de discriminação de objetos. Nestas tarefas três estímulos visuais apareciam em uma tela de computador, em seguida outros três estímulos apareciam. Na tarefa visuoespacial, os sujeitos tinham que julgar se os estímulos que apareceram pela segunda vez estavam no mesmo lugar dos estímulos que apareceram pela primeira vez. Na tarefa de reconhecimento de objetos, os sujeitos tinham que julgar se os estímulos que apareceram pela segunda vez eram iguais ou diferentes dos estímulos que apareceram pela primeira vez. Na primeira tarefa os autores encontraram ativação lateralizada no hemisfério direito de áreas pertencentes à via visual dorsal. Na segunda tarefa houve ativação bilateral, mas principalmente do hemisfério esquerdo, de áreas pertencentes à via visual ventral.

---

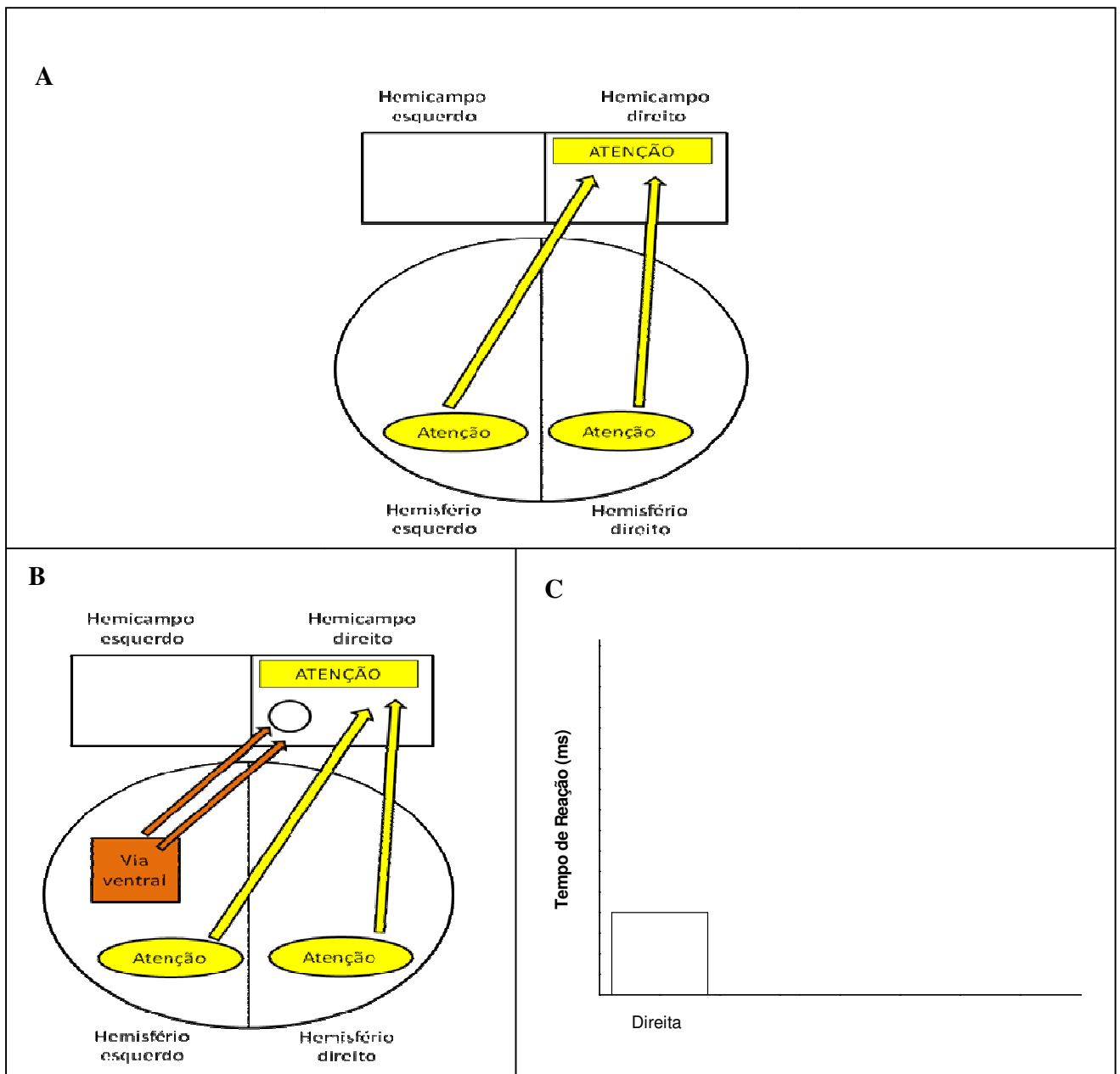
<sup>2</sup> Ungerleider LG, Mishkin M. Two cortical visual systems. In: Ingle DJ, Goodale MA, Mansfield RJW, editors. *Analysis of visual behavior*. Cambridge: MIT Press; 1982. p. 549-589.

## *Assimetrias interhemisféricas das vias visuais e atencionais*

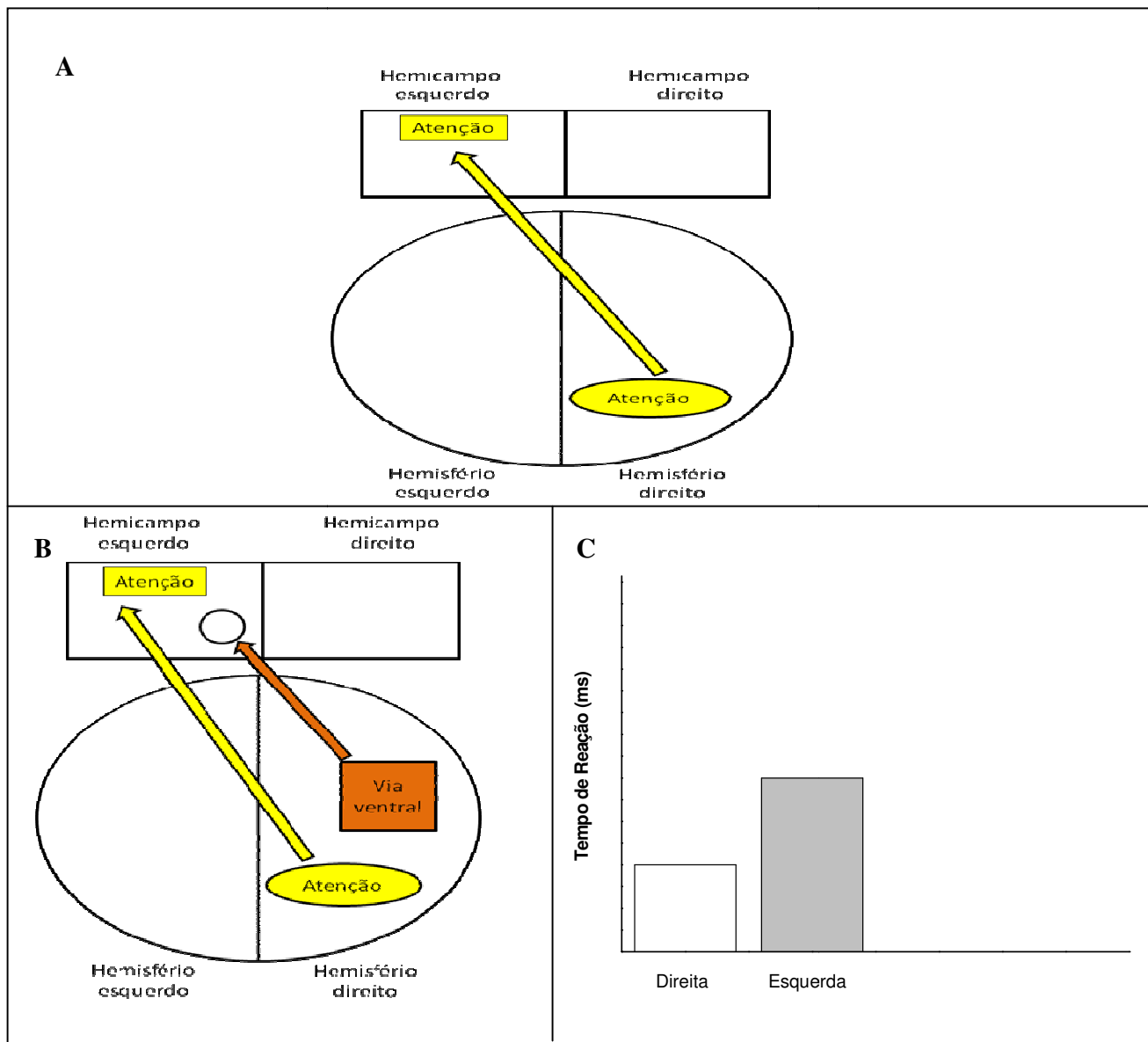
Tendo em vista a proposta assimetria interhemisférica das vias visuais ventral e dorsal, ela poderia modular a manifestação de uma assimetria interlateral favorecendo o lado direito do espaço devido à atenção.

Em uma tarefa que a discriminação da forma de estímulos visuais fosse exigida, a via visual ventral estaria mais ativa. O hemisfério esquerdo seria mais eficiente que o hemisfério direito quanto ao processamento deste estímulo visual (Sergent et al., 1992; Köhler et al., 1995; Liotti e Tucker, 1995; Shen et al., 1999). Assim quando este aparecesse no hemisfério direito seu processamento seria mais eficiente do que quando aparecesse no hemisfério esquerdo. Ainda, a facilitação realizada pela atenção seria maior para o hemisfério direito, já que os dois hemisférios cerebrais são responsáveis por orientar a atenção para este hemisfério (Corbetta et al., 1993; Kim et al., 1999; Nobre et al., 1997). Desta forma os estímulos no hemisfério direito seriam duplamente privilegiados: pela via visual ventral e pela atenção. Seria de se esperar uma clara manifestação comportamental de tal assimetria, obtendo-se assim, respostas bem mais eficientes para estímulos no hemisfério direito (Veja as Figuras 1,2,3 e 4).

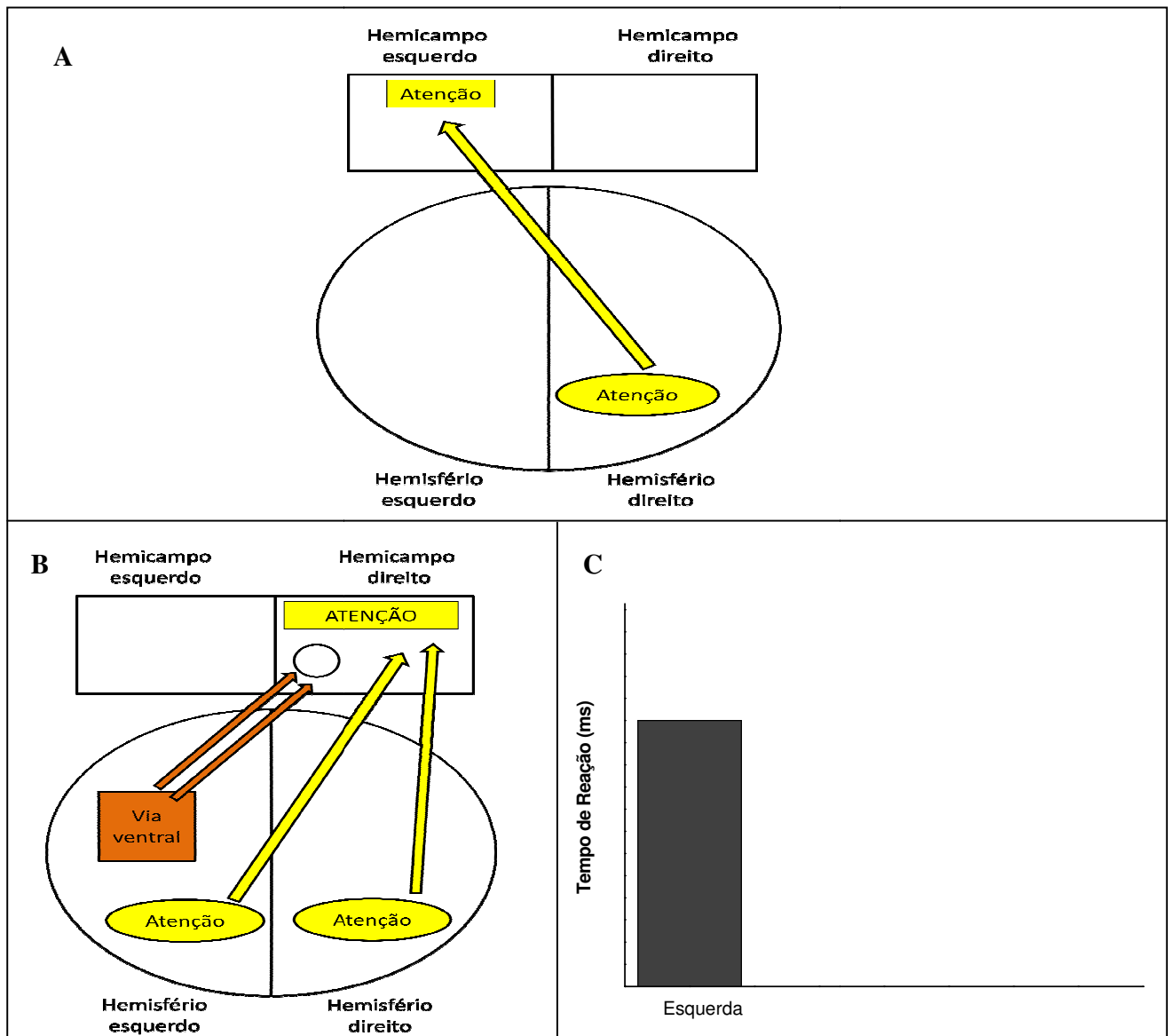
Em uma tarefa que a discriminação da localização de estímulos visuais fosse exigida, a via visual dorsal estaria mais ativa. O hemisfério direito seria mais eficiente que o hemisfério esquerdo quanto ao processamento deste estímulo visual (Sergent et al., 1992; Köhler et al., 1995; Liotti e Tucker, 1995; Funnel et al., 1999; Shen et al., 1999; Corballis et al., 2002). Assim quando este aparecesse no hemisfério esquerdo seu processamento seria mais eficiente do que quando aparecesse no hemisfério direito. Ainda, a facilitação realizada pela atenção seria maior para o hemisfério direito, já que os dois hemisférios cerebrais são responsáveis por orientar a atenção para este hemisfério (Corbetta et al., 1993; Kim et al., 1999; Nobre et al., 1997). Desta forma, os estímulos no hemisfério esquerdo seriam favorecidos pela via visual dorsal, mas desfavorecidos pela atenção. Por outro lado, estímulos no hemisfério direito seriam facilitados pela atenção e desfavorecidos pela via visual dorsal. Neste caso, o comportamento deveria revelar diferenças interlaterais pouco significativas (Veja as Figuras 5, 6, 7 e 8).



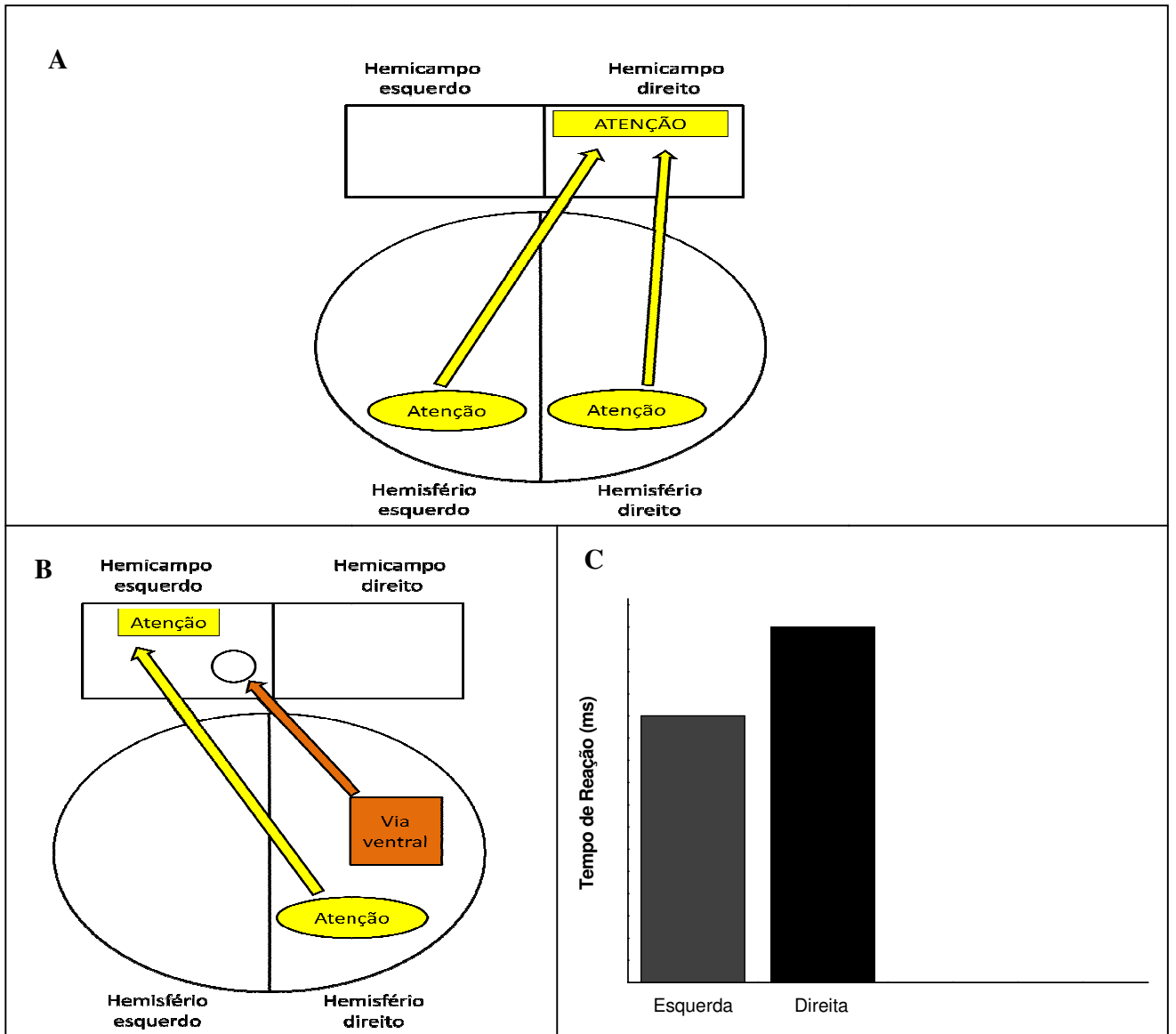
**Figura 1** - Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério esquerdo e direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo direito, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B-** Quando um estímulo visual (círculo) aparece no hemicampo direito seu processamento é facilitado pela atenção e pela dominância hemisférica para a via visual ventral, representado por **Via ventral**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição.



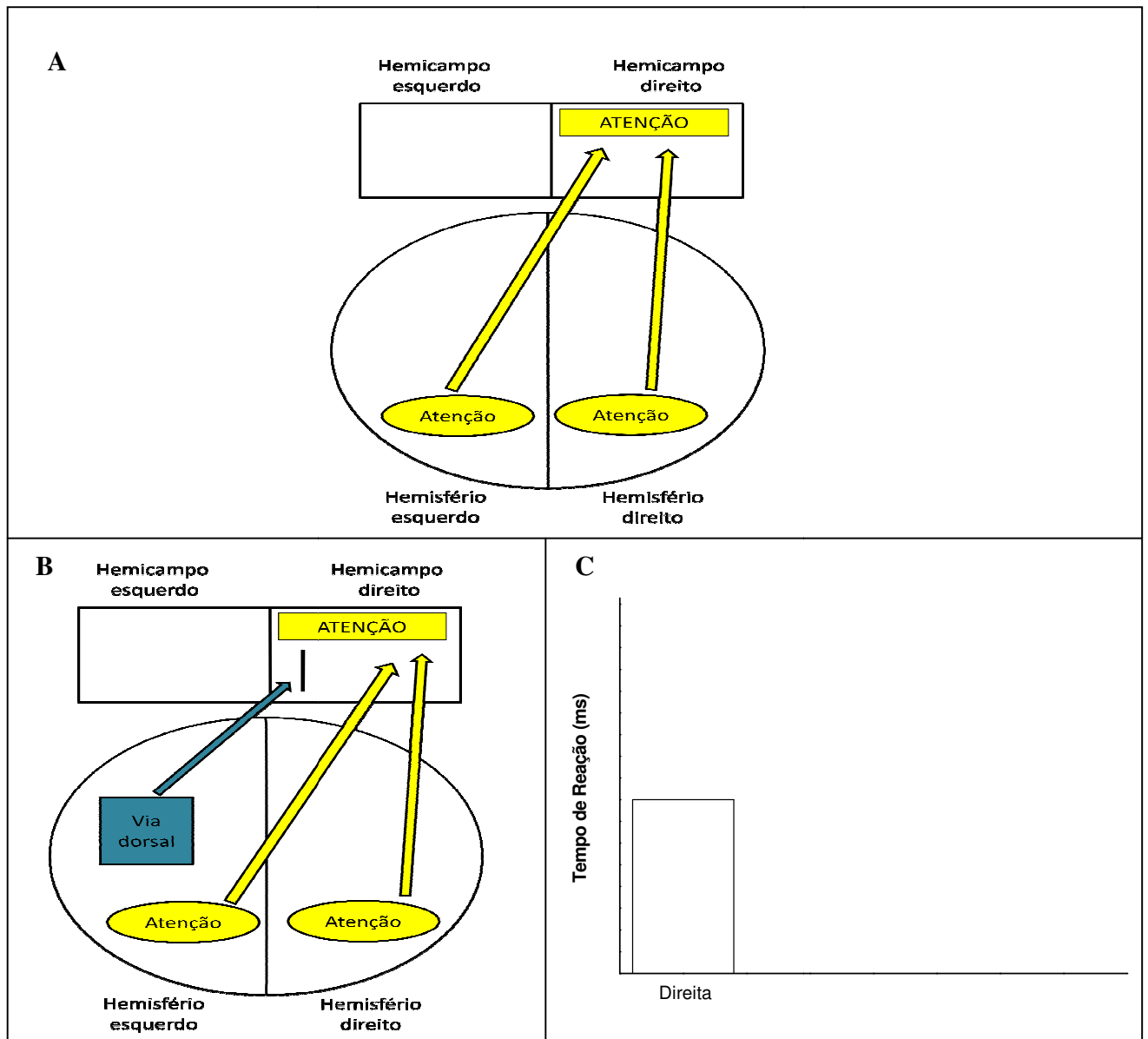
**Figura 2** - Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A**- As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo esquerdo, o que é representado por **Atenção**. **B**- Quando um estímulo visual (círculo) aparece no hemicampo esquerdo seu processamento não é tão facilitado pela atenção e pela via visual ventral, representado por **Via ventral**. **C**- Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (esquerda, cinza claro) e na condição da Figura 1 (direita, branco).



**Figura 3** - Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A**- As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo esquerdo, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B**- Um estímulo visual (círculo) aparece do lado oposto, então a atenção precisa ser reorientada, o que leva tempo. Quando isso acontece as áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito e esquerdo são ativadas, representado por **Atenção**. Então o processamento do estímulo visual é facilitado pela atenção e pela via visual ventral, representado por **Via ventral**. **C**- Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (esquerda, cinza escuro).

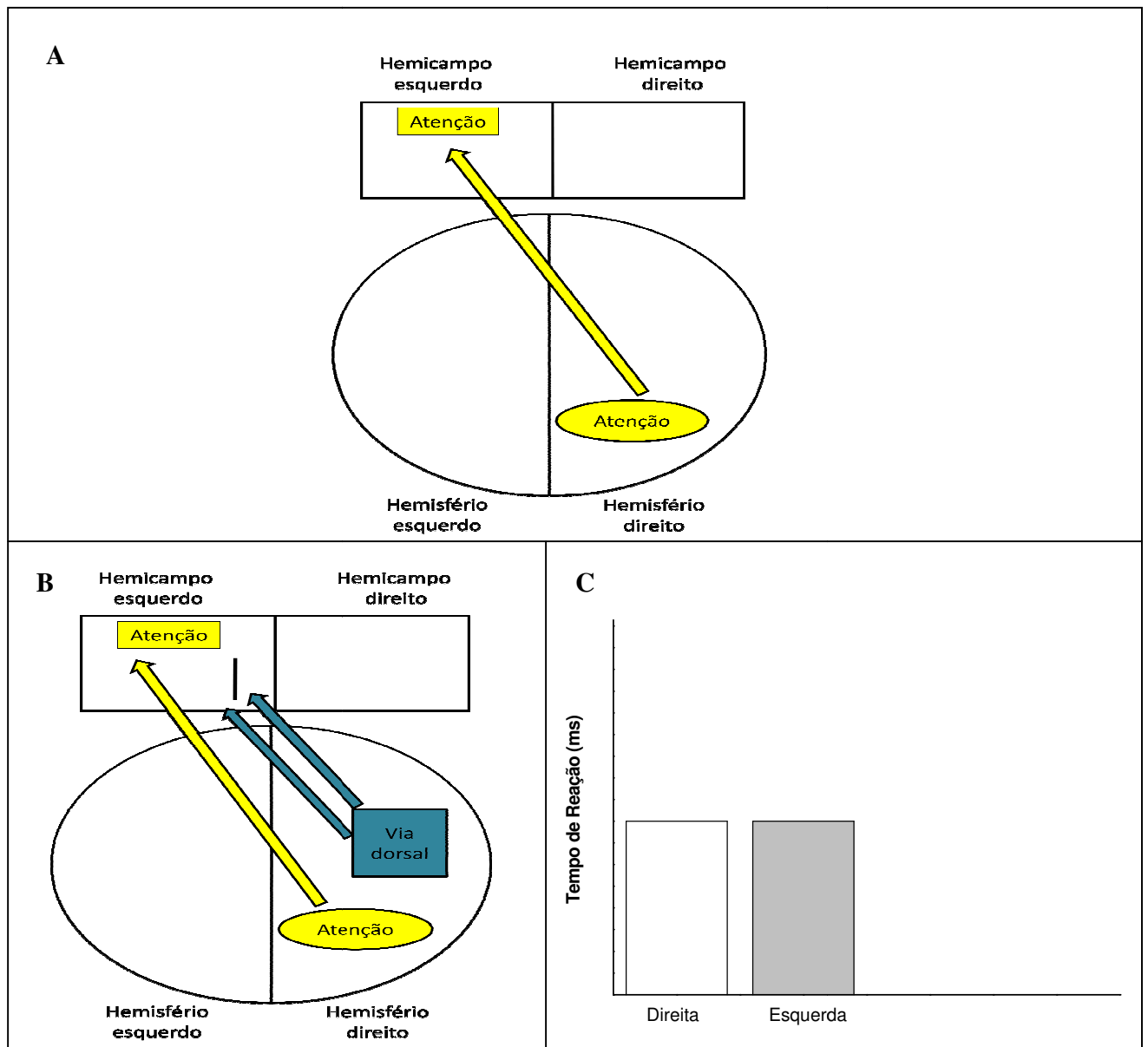


**Figura 4-** Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério esquerdo e direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo direito, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B-** Um estímulo visual (círculo) aparece do lado oposto, então a atenção precisa ser reorientada, o que leva tempo. Quando isso acontece as áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Então o processamento do estímulo visual não é tão facilitado pela atenção e pela via visual ventral, representado por **Via ventral**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (direita,preto) e da Figura 3 (esquerda,cinza escuro).

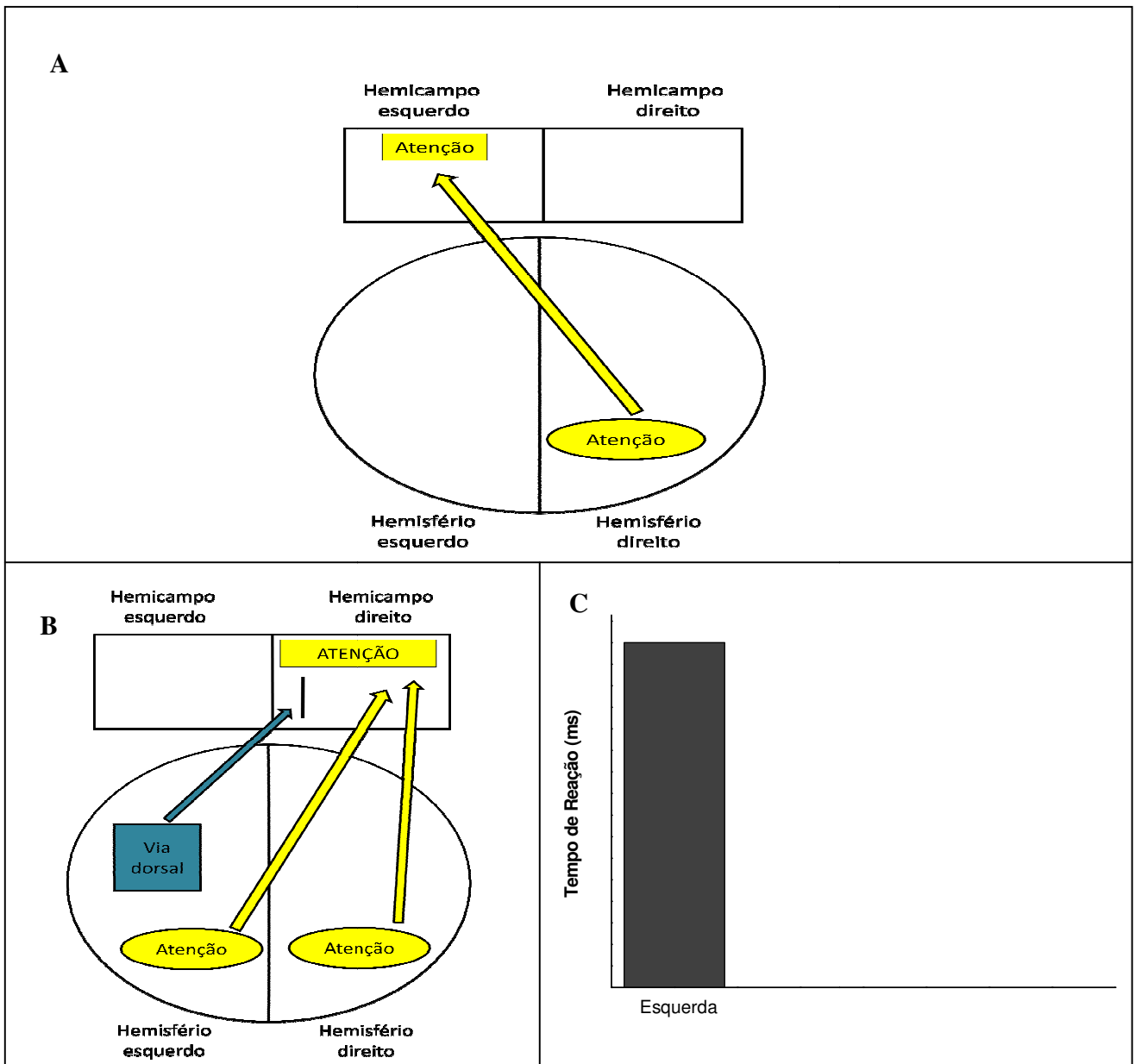


**Figura 5-** Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério esquerdo e direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo direito, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B-** Quando um estímulo visual (linha) aparece no hemicampo direito seu processamento é facilitado pela atenção mas não pela dominância hemisférica para a via visual dorsal, representado por **Via dorsal**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição.

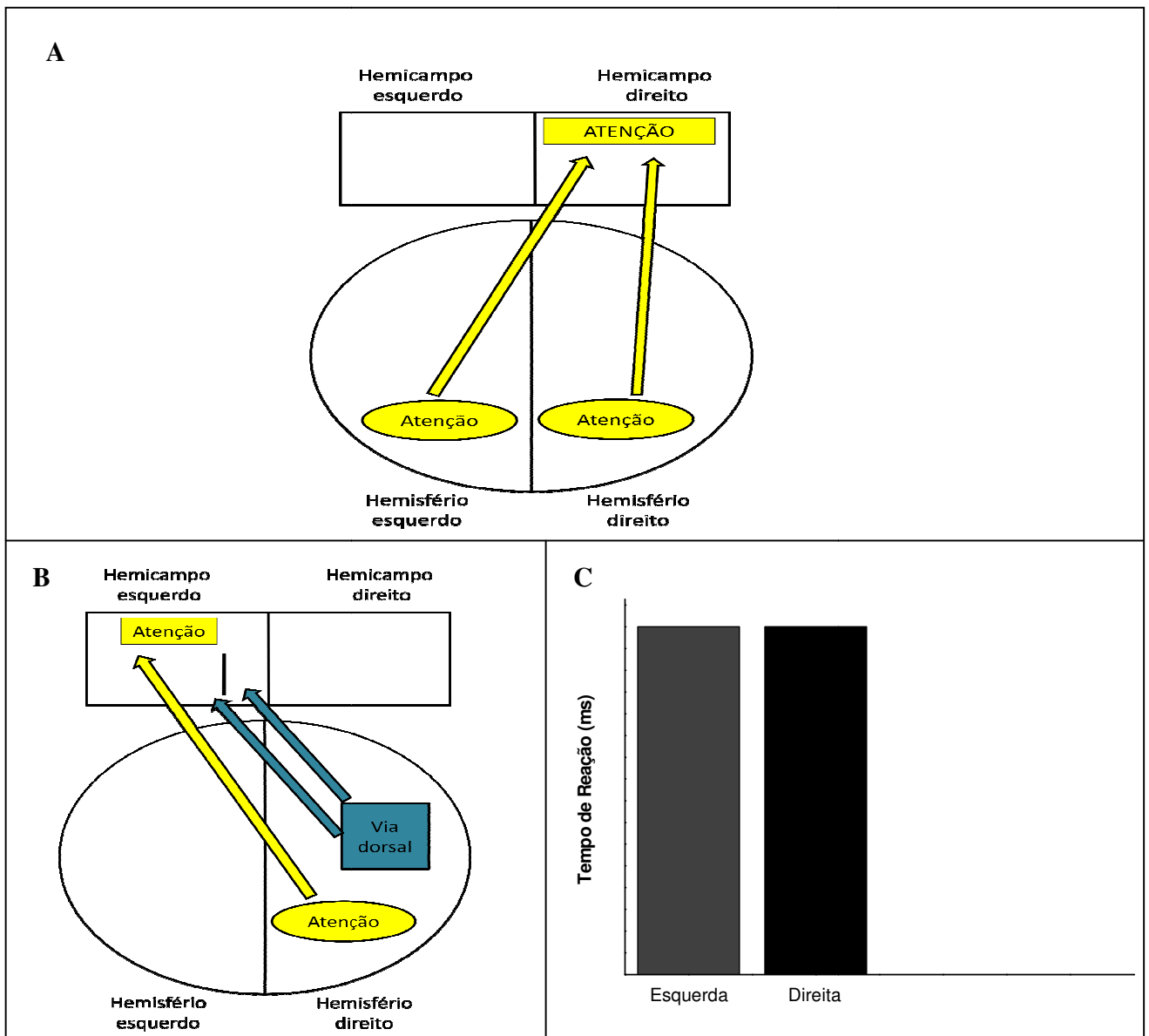




**Figura 6-** Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo esquerdo, o que é representado por **Atenção**. **B-** Quando um estímulo visual (linha) aparece no hemicampo esquerdo seu processamento não é tão facilitado pela atenção mas sim pela via visual dorsal, representado por **Via dorsal**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (esquerda, cinza claro) e na condição da Figura 5 (direita, branco).



**Figura 7-** Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo esquerdo, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B-** Um estímulo visual (linha) aparece do lado oposto, então a atenção precisa ser reorientada, o que leva tempo. Quando isso acontece as áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito e esquerdo são ativadas, representado por **Atenção**. Então o processamento do estímulo visual é facilitado pela atenção mas não o suficiente pela via visual dorsal, representado por **Via dorsal**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (esquerda, cinza escuro).



**Figura 8-** Representação esquemática dos prováveis mecanismos envolvidos no trabalho proposto. Os retângulos brancos representam os hemicampos visuais. Os círculos brancos representam os hemisférios cerebrais. **A-** As áreas responsáveis pela atenção no hemisfério esquerdo e direito são ativadas, representado por **Atenção**. Atenção é orientada para o hemicampo direito, o que é representado por **ATENÇÃO**. **B-** Um estímulo visual (linha) aparece do lado oposto, então a atenção precisa ser reorientada, o que leva tempo. Quando isso acontece as áreas responsáveis pela atenção no hemisfério direito são ativadas, representado por **Atenção**. Então o processamento do estímulo visual não é tão facilitado pela atenção mas sim pela via visual dorsal, representado por **Via dorsal**. **C-** Representação do possível tempo de reação, em milissegundos, dos voluntários nesta condição (direita, preto) e da Figura 7 (esquerda, cinza escuro).

Resultados obtidos em trabalho anterior de nosso laboratório estão bem de acordo com tais idéias (Castro-Barros et al., 2008). Sujeitos sentavam em frente a uma tela de monitor de vídeo onde havia um ponto de fixação (no centro da tela) e dois anéis periféricos (um em cada hemisfério visual). Sua atenção era mobilizada automaticamente através do escurecimento da borda de um dos anéis. Em duas das tarefas deste trabalho, os sujeitos deveriam identificar o lado do aparecimento de uma linha vertical (lado direito ou esquerdo) no interior de um dos anéis. Em outras duas tarefas, além de identificar o lado, os sujeitos deveriam discriminar a forma de dois estímulos (linha vertical e anel pequeno): eles deveriam responder à linha vertical e não ao anel pequeno. Dessa forma o primeiro tipo de tarefa era de discriminação de local e assim a via visual dorsal seria preferencialmente mobilizada. Já o segundo tipo de tarefa era de discriminação de local e forma e assim tanto a via visual dorsal como a ventral seriam mobilizadas.

Neste trabalho foi encontrada uma maior assimetria da atenção no segundo tipo de tarefa em relação à primeira (Castro-Barros et al., 2008). Esse resultado foi atribuído a uma diferença na dificuldade da tarefa. A segunda tarefa era mais difícil que a primeira, pois duas características dos estímulos (local e forma) deveriam ser discriminadas. Assim mais atenção seria mobilizada e sua assimetria apareceria mais claramente. No entanto este resultado também pode ser explicado pelo fato de que na segunda tarefa a via visual ventral foi adicionalmente mobilizada. Ou seja, nesse caso teríamos encontrado um privilégio mais claro do hemisfério direito devido à assimetria interlateral dos mecanismos atencionais e à assimetria da via visual ventral atuando no mesmo sentido.

O presente trabalho verificou a diferente manifestação da assimetria interlateral em duas tarefas, uma de discriminação de forma que envolveria preferencialmente a via visual ventral (Experimento 1) e outra de discriminação de localização que envolveria preferencialmente a via visual dorsal (Experimento 2). Essas tarefas eram igualmente difíceis.

No primeiro experimento, os sujeitos deveriam responder a um anel com uma das mãos e a uma linha vertical com outra mão. No segundo, os sujeitos deveriam responder com uma das mãos quando a linha vertical aparecesse em uma posição

superior e com outra mão quando a linha aparecesse em uma posição inferior.

Nos dois experimentos, a atenção foi mobilizada por meio de um estímulo precedente que poderia aparecer do mesmo lado (condição mesma) do estímulo alvo ou do lado oposto (condição oposta) do estímulo alvo. Esperávamos que houvesse o favorecimento do lado direito pela atenção e que esta assimetria variasse em função da diferente mobilização das vias visuais.

Havia uma condição, nos dois experimentos, em que o estímulo precedente aparecia bilateralmente (condição bilateral). Pretendíamos, com essa condição, criar uma competição entre os dois lados para a orientação da atenção, simulando o fenômeno de Extinção. De acordo com nosso modelo teórico, o estímulo precedente do lado direito deveria ser priorizado pela atenção. Então a resposta ao alvo do lado direito seria mais rápida do que a resposta ao alvo do lado esquerdo.

Utilizamos três assincronias entre o início do estímulo precedente e do alvo, 34, 67 e 100 ms. Com isso poderíamos surpreender eventuais diferenças interlaterais no curso temporal da atenção. Esperávamos que em 34 ms não houvesse qualquer efeito atencional, já que a atenção automática apresenta uma latência de 50 ms (Nackayama e Mackben, 1988; Warner *et al.*, 1990; Castro-Barros *et al.*, 2008). E então uma assimetria interlateral com pelo menos um componente atencional, também não deveria se manifestar. Em 67 e 100 ms esperávamos o aparecimento de um o efeito atencional, já que essas assincronias ocorrem após o período de latência da manifestação da atenção automática (Nackayama e Mackeben, 1988; Warner *et al.*, 1990; Castro-Barros *et al.*, 2008). Assim esperávamos que uma assimetria com componente atencional se manifestasse nessas assincronias.

Este projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

## *Objetivo*

Avaliar a influência das assimetrias interlaterais das vias visuais na manifestação comportamental da assimetria interlateral atencional.

## **CONCLUSÃO**

A assimetria interlateral no desempenho nas duas tarefas utilizadas deveu-se presumivelmente a assimetria interhemisférica dos mecanismos atencionais. A assimetria interhemisférica das vias visuais não seria suficientemente importante para influenciar o desempenho nas tarefas utilizadas.

## REFERÊNCIAS

Bartolomeo P, Chokron S. Orienting of attention in left unilateral neglect. *Neuroscience and Behavioral Reviews*. 2002; 26:217-34.

Castro-Barros BA, Righi LL, Grechi G, Ribeiro-do-Valle LE. Interlateral asymmetry in the time course of the effect of a peripheral prime stimulus. *Brain and Cognition*. 2008; 66(Pt 3):265-79.

Cheal M, Lyon DR, Hubbard DC. Does attention have different effects on line orientation and line arrangement? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1991; 43a: 825-57.

Connor CE, Brincat SL, Pasupathy A. Transformation of shape information in the ventral pathway. *Current Opinion in Neurobiology*. 2007;17:140-47.

Corballis PM, Funnell MG, Gazzaniga MS. Hemispheric asymmetries for simple visual judgments in the split brain. *Neuropsychologia*. 2002;40:401-10.

Corbetta M, Miezin FM, Shulman GL, Petersen SE. A PET study of visuospatial attention. *The Journal of Neuroscience*. 1993; 13(Pt 3):1202-26.

Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews*. 2002; 3: 201-15.

Evert DL, Oscar-Berman M. Selective attentional processing and the right hemisphere: effects of aging and alcoholism. *Neuropsychology*. 2001;15(Pt 4): 452-61.

Funnell MG, Corballis PM, Gazzaniga MS. A deficit in perceptual matching in the left hemisphere of a callosotomy patient. *Neuropsychologia*. 1999;37:1143-54.

Geeraerts S, Lafosse C, Vandebussche E, Verfaillie K. A psychophysical study of visual extinction: ipsilesional distractor interference with contralesional orientation

thresholds in visual hemineglect patients. *Neuropsychologia*. 2005; 43: 530-41.

Haxby JV, Grady CL, Horwitz B, Ungerleider LG, Mishkin M, Carson RE, Herscovitch P, Schapiro MB, Rapoport SI. Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1991;88:1621-25.

Hopfinger JB, Buonocore MH, Mangun GR. The neural mechanisms of top-down attentional control. *Nature Neuroscience*. 2000; 3(Pt 3):284-91.

Kanwisher N, Wojciulik E. Visual attention: insights from brain imaging. *Nature Reviews*. 2000; 1:91-00.

Kastner S, Pinsk MA, Weerd PD, Desimone R, Ungerleider LG. Increased activity in human visual cortex during directed attention in the absence of visual stimulation. *Neuron*. 1999; 22: 751-61.

Kastner S, Pinsk MA. Visual attention as a multilevel selection process. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. 2004;4(4):483-500.

Kerkhoff G. Spatial hemineglect in humans. *Progress in Neurobiology*. 2001; 63:1–27.

Kim YH, Gitelman DR, Nobre AC, Parrish TB, LaBar KS, Mesulam MM. The large-scale neural network for spatial attention displays multifunctional overlap but differential asymmetry. *Neuroimage*. 1999; 9: 269-77.

Köhler S, Kapur S, Moscovitch M, Winocur G, Houle S. Dissociation of pathways for object and spatial vision: a PET study in humans. *NeuroReport*. 1995;6:1865-68.

Lamme VAF, Roelfsema PR. The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends Neuroscience*. 2000; 23: 571-79.

Liotti M, Tucker DM. Emotion in asymmetric cortico-limbic networks. In: Davidson RJ, Hugdahl K, editors. *Brain asymmetry*. Cambridge: MIT Press; 1995. p. 410-15.



Liu T, Pestilli F, Carrasco M. Transient attention enhances perceptual performance and fMRI response in human visual cortex. *Neuron*. 2005;45:469-77.

Martinez A, Anillo-Vento L, Sereno MI, Frank LR, Buxton RB, Dubowitz DJ, Wong EC, Hinrichs H, Heinze HJ, Hillyard SA. Involvement of striate and extrastriate visual cortical areas in spatial attention. *Nature Neuroscience*. 1999;2 (4): 364-69.

McMains SA, Somers DC. Multiple spotlights of attentional selection in human visual cortex. *Neuron*. 2004;47: 677-86.

Mesulam MM. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 1999; 354: 1325-46.

Milner AD, Goodale MA. Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*. 2008;46:774-85.

Mort DJ, Malhotra P, Mannan SK, Rorden C, Pambakian A, Kennard C, Husain M. The anatomy of visual neglect. *Brain*. 2003; 126:1986-97.

Muller NG, Bartelt OA, Donner TH, Villringer A, Brandt SA. A physiological correlate of the “zoom lens” of visual attention. *The Journal of Neuroscience*. 2003; 23(Pt 9): 3561-65.

Munneke J, Heslenfeld DJ, Theeuwes J. Directing attention to a location in space results in retinotopic activation in primary visual cortex. *Brain Research*. 2008; 1222: 184-91.

Nakayama K, Mackeben M. Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research*. 1989; 29: 1631-47.

Nobre AC, Sebestyen GN, Gitelman DR, Mesulam MM, Frackowiak RSJ, Frith CD. Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain*. 1997; 120: 515-33.

Pollmann S. A pop-out induced extinction-like phenomenon in neurologically intact

subjects. *Neuropsychologia*. 1996;34(Pt 5): 413-25.

Posner MI, Cohen Y. Components of visual orienting. In: Bouma H, Bouwhuis GG, editors. *Attention and performance*. Hillsdale: Erlbaum; 1984. p. 531–56.

Posner MI, Rothbart MK. Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*. 2007; 58: 1-23.

Schwartz SH. Striate cortex. In: Schwartz SH. *Visual Perception: a clinical orientation*. New York: McGraw Hill; 2004. p. 297-313.

Serences JT, Yantis S, Culbertson A, Awh E. Preparatory activity in visual cortex indexes distractor suppression during covert spatial orienting. *Journal of Neurophysiology*. 2004; 92: 3538-45.

Sergent J, Ohta S, Macdonald B. Functional neuroanatomy of face and object processing. *Brain*. 1992;115:15-36.

Shen L, Hu X, Yacoub E, Ugurbil K. Neural correlates of visual form and visual spatial processing. *Human Brain Mapping*. 1999; 8: 60-71.

Silver MA, Ress D, Heeger DJ. Neural correlates of sustained spatial attention in human early visual cortex. *Journal of Neurophysiology*. 2007; 97:229-37.

Smania N, Martini MC, Gambina G, Tomelleri G, Palamara A, Natale E, Marzi CA. The spatial distribution of visual attention in hemineglect and extinction patients. *Brain*. 1998; 121:1759-70.

Somers DC, Dale AM, Seiffert AE, Tootell RBH. Functional MRI reveals spatially specific attentional modulation in human primary visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1999;96:1663-68.

Tootell RBH, Hadjikhani N, Hall EK, Marrett S, Vanduffel W, Vaughan JT, Dale AM. The retinotopy of visual spatial attention. *Neuron*. 1998;21:1409-22.

Ungerleider LG, Haxby JV. “What” and “where” in the human brain. *Current Opinion*

in *Neurobiology*. 1994;4:157-65.

Vallar G. Extrapersonal visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. *NeuroImage*. 2001; 14 (1 Pt 2):S52-S58.

Valyear KF, Culham JC, Sharif N, Westwood D, Goodale MA. A double dissociation between sensitivity to changes in object identity and object orientation in the ventral and dorsal visual streams: a human fMRI study. *Neuropsychologia*. 2006;44(2):218-28.

Warner CB, Juola JF, Koshino H. Voluntary allocation versus automatic capture of visual attention. *Perception and Psychophysics*. 1990; 48: 243–51.