

WATARU SUMI

**Orientação endógena da atenção em ratos por meio de  
pistas simbólicas**

São Paulo

2011

WATARU SUMI

**Orientação endógena da atenção em ratos por meio de  
pistas simbólicas**

Dissertação apresentada ao instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São  
Paulo para obtenção do Título de Mestre  
em Ciências, na área de Fisiologia Geral.

Orientador:  
Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier

São Paulo

2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sumi, Wataru

Orientação endógena da atenção em ratos por meio de pistas simbólicas / Wataru Sumi; orientador Gilberto Fernando Xavier. --. São Paulo, 2011. 69 f.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia

1. Atenção. 2. Orientação endógena. 3. Pista auditiva simbólica.  
4. Ratos. I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Fisiologia. II. Título.

Nome: Sumi, Wataru

Título: Orientação endógena da atenção em ratos por meio de pistas simbólicas

Dissertação apresentada ao instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São  
Paulo para obtenção do Título de Mestre  
em Ciências, na área de Fisiologia Geral.

Comissão julgadora

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof. Dr.

Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha avó Riki, ao meu avô Tsukasa e minha mãe Hideco por tudo que me ensinaram e pelo incentivo e apoio incondicional às minhas escolhas;

Ao professor Gilberto pela orientação nos últimos anos; por seus ensinamentos, por estimular a independência intelectual e por ser um modelo de cientista ao valorizar conhecimentos que transcendem a neurociência;

Aos professores Frazão, Ribeiro e Hamilton pela valiosa contribuição na banca de qualificação;

À Natália pela contribuição nas minhas atividades, pelo companheirismo e principalmente pela paciência;

Ao Pavão pela disposição perene em ajudar e compartilhar seus conhecimentos;

Ao Físico por possibilitar expandir as discussões para além da academia;

Ao Manoel pelo auxílio ao desenvolvimento das atividades no laboratório;

Aos amigos de todo o Instituto de Biociências que tornaram essa experiência mais interessante;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O teste de atenção encoberta descrito por Posner (1980) vem sendo intensamente utilizado em estudos sobre orientação da atenção visuo-espacial em seres humanos. Mais recentemente, esse teste foi adaptado para avaliação da atenção em ratos, com resultados entusiasmantes, pois parece haver uma analogia entre os fenômenos atencionais envolvendo seres humanos e ratos (ROSNER; MITTLEMAN, 1996; WARD; BROWN, 1996; LUCK E VECERA, 2002). A distinção entre orientação exógena (ou “automática”, na literatura envolvendo humanos) e endógena (ou “voluntária”, na literatura envolvendo humanos) da atenção, postuladas principalmente com base nas diferenças do curso temporal da resposta ao alvo visual, foram em parte descritas em ratos; esses trabalhos iniciais sugeriam apenas a ocorrência de respostas automáticas em ratos. Porém, Marote e Xavier (2011) mostraram efeito de validade quando pistas preditivas e não-preditivas precediam o alvo em 200, 400 e 800 ms; porém, esse efeito foi maior quando as pistas preditivas precederam o alvo em 800 ms, o que em humanos é tido como efeito da orientação voluntária da atenção. Dado que na maioria dos estudos envolvendo ratos a pista utilizada é periférica, torna-se difícil distinguir claramente entre a ocorrência de efeitos exógenos e efeitos endógenos da orientação da atenção. No presente estudo avaliamos a orientação encoberta da atenção visuo-espacial em ratos empregando pistas simbólicas preditivas, isto é, um tipo de pista que, em seres humanos, restringiria a orientação da atenção apenas ao componente voluntário. Os resultados mostraram que ratos exibem redução do tempo de reação e aumento na percentagem de respostas corretas a um alvo visual precedido por pista simbólica auditiva preditiva válida em relação à pista inválida. Esse efeito manifestou-se quando o intervalo entre a pista e o alvo foi de 100 ou de 700 ms, mas não quando foi de 400 ms. Esses resultados sugerem a existência de dois tipos de fenômenos usualmente atribuídos à orientação da atenção visuo-espacial, o primeiro determinado pelos efeitos do pareamento repetitivo entre a pista e o alvo (que talvez envolva condicionamento clássico), que se manifesta quando o intervalo entre esses estímulos é da ordem de 100 ms, e o segundo determinado pela orientação endógena da atenção, que se manifesta quando o intervalo é igual ou maior que 700 ms.

## **ABSTRACT**

The covert orienting of attention task described by Posner (1980) has been extensively used for investigating orientation of visuo-spatial attention in humans. There have been attempts to adapt it for rats, with encouraging results; data revealed that attentional phenomena in humans and rats are partially analogous (ROSNER, MITTLEMAN, 1996; WARD, BROWN, 1996; LUCK and VECERA, 2002). The distinction between exogenous (or “automatic”, in human literature) and endogenous (or “voluntary”, in human literature) orienting of attention, relying mainly on differences in the time course of the reaction time to the visual target, was partially described for rats; these early studies indicated that rats exhibited only the automated component of orienting. However, Marote and Xavier (2011) showed validity effects when using either predictive or non-predictive cues preceding the target by 200, 400 and 800 ms; however, this validity effect was greater for predictive cues preceding the target by 800 ms, a result that in human studies is taken as evidence of voluntary orienting of attention. Most of rat studies using this task employ peripheral cues, rendering difficult to distinguish exogenous and endogenous effects of orienting of attention. In the present study orienting of visuo-spatial attention was investigated in rats by using symbolic predictive cues, a kind of cue usually considered to engage voluntary attention in humans. The results showed that rats exhibit a reduction of reaction times and an increase in percentage of correct responses to a visual target preceded by a valid symbolic auditory predictive cue as compared to an invalid cue, when the stimulus onset asynchrony was either 100 or 700 ms, but not when it was 400 ms. These figures suggest that the validity effect in rats is underlied by at least two processes, the first determined by repetitive and contingent cue-target pairings (that might involve classical conditioning) that occurs when the cue-target time interval is about 100 ms, and the second determined by endogenous orienting of attention that occurs when the cue-target time interval is about 700 ms.

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO GERAL .....	7
Atenção.....	7
Atenção em animais .....	14
Objetivo e justificativa .....	19
MATERIAL E MÉTODOS: PROCEDIMENTOS GERAIS.....	20
Sujeitos experimentais.....	20
Aparelho .....	21
Tarefa comportamental.....	23
Treinamento.....	24
EXPERIMENTO 1: Ratos são capazes de usar uma pista simbólica auditiva para orientar a atenção visuo-espacial?.....	27
Procedimentos.....	27
Resultados.....	28
Discussão .....	33
EXPERIMENTO 2: Que processos de aprendizagem estariam envolvidos na formação da relação pista-alvo? .....	40
Procedimentos.....	42
Resultados.....	43
Discussão .....	45
EXPERIMENTO 3: Efeito atencional em SOAs longos .....	48
Procedimento.....	49
Resultados.....	49
Discussão .....	53
DISCUSSÃO GERAL .....	58
CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65



## INTRODUÇÃO GERAL

### Atenção

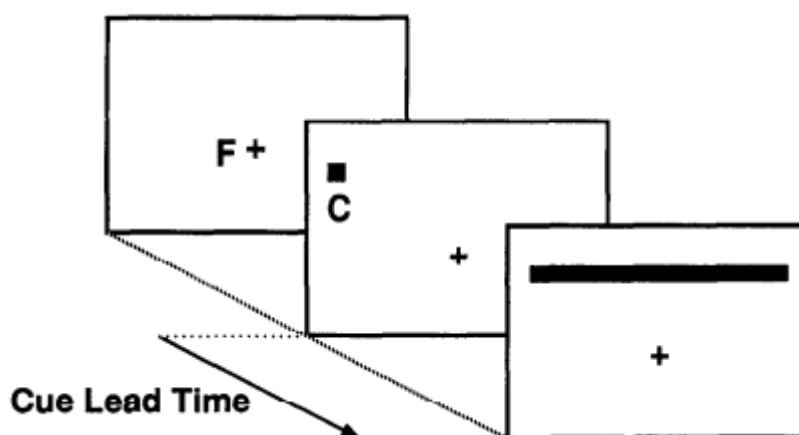
A todo instante somos expostos a uma grande quantidade de estímulos ambientais que são captados por nossos órgãos sensoriais. Porém, a maioria desses estímulos não é percebida pelo observador; apenas alguns são selecionados para processamento mais detalhado. Acredita-se que o sistema nervoso seria incapaz de processar detalhadamente todas essas informações; assim, para que haja um processamento eficiente e detalhado de algumas dessas informações, as consideradas mais relevantes, a atenção selecionaria apenas algumas.

A manifestação da atenção vem sendo representada, metaforicamente, como um holofote que ao iluminar determinada área permite que as informações focadas sob seu feixe de luz (foco atencional) sejam processadas de forma mais eficiente. As informações que não estiverem sob o feixe luz não seriam processadas de forma tão eficiente e a maioria passaria despercebida pelo observador. Esse feixe de luz metafórico pode ainda se mover espacialmente; assim, o observador poderia analisar vários pontos do campo visual redirecionando o foco atencional (NORMAN, 1968; POSNER; SNYDER; DAVISON, 1980).

Helmholtz (1894 apud GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2002) evidenciou esse fenômeno por meio de um experimento em que os voluntários posicionavam-se em frente a um painel e eram instruídos a manter o olhar no centro da tela (num ponto de fixação) e a direcionar apenas a atenção a outro ponto qualquer da mesma. O ambiente era mal iluminado impedindo o voluntário de identificar qualquer letra impressa no painel. Quando um breve lampejo era acionado, tornava-se então possível ver as letras. Porém, os voluntários eram capazes de discriminar apenas as letras localizadas na região onde a atenção estava previamente focada.

O processamento da informação oriunda do local onde o foco atencional está direcionado não só seria mais eficiente como também mais rápida. Essa propriedade pode ser demonstrada por ilusões de ótica em testes de movimento aparente. Por exemplo, um observador mantém o olhar no ponto de fixação demarcado no centro de um monitor de vídeo. Então, apresenta-se um estímulo visual (chamado de pista)

periféricamente, à direita ou esquerda do campo visual e logo em seguida uma linha horizontal que se estende até se sobrepor à pista (Figura 1). A apresentação da pista atrai automaticamente a atenção do observador para o local onde ela foi apresentada e, quando a linha horizontal é apresentada, o segmento da linha sob o foco atencional é processado mais rapidamente. O efeito produzido é a sensação de que a linha horizontal é desenhada a partir do lado antecedido pela pista, apesar de dela ter sido apresentado fisicamente toda de uma vez (HIKOSAKA; MIYAUCHI; SHIMOJO, 1993a,1993b).



**Figura 1.** Representação do teste de movimento aparente, seguindo a ordem temporal da esquerda à direita. Na figura, F (foco visual) indica o ponto de fixação do olhar (cruz) e C a pista periférica (de HIKOSAKA; MIYAUCHI; SHIMOJO, 1993a).

O direcionamento da atenção vem sendo classificado da seguinte forma: orientação voluntária (ou endógena), dependente de intencionalidade e orientação automática (ou exógena) que se manifesta inconscientemente e sem interferência de outros processos mentais, provocada por estímulos salientes do ambiente (POSNER; SNYDER, 1975; ASTON-JONES et al., 1999).

A atenção voluntária, como o próprio nome indica, atua quando o indivíduo direciona ativamente a atenção pelas possíveis fontes de estímulo objetivando identificar ou processar melhor alguma informação específica. Por exemplo, prestamos atenção ao tráfego de automóveis quando queremos atravessar a rua, mas não quando andamos distraidamente pela calçada.

A atenção automática, por outro lado, se refere ao processo involuntário guiado por estímulos externos. Por exemplo, se estamos andando distraidamente pela calçada e algum motorista aciona a buzina ou alguma ambulância passa com a

sirene ligada, nossa atenção é direcionada para a fonte do estímulo independente da nossa vontade.

Ainda, como se pôde notar nos experimentos supracitados, é possível manter o foco atencional dissociado do direcionamento do olhar, evidenciando que a atenção é fundamentalmente uma atividade que transcende o meramente sensorial. Porém, para otimizar o processamento das informações sensoriais, pode haver um complemento comportamental de direcionamento de superfícies sensoriais (e.g. cabeça, olhos, orelhas etc.) para a fonte de estímulo. Este último tipo de direcionamento da atenção é denominado orientação manifesta da atenção. Por outro lado, se o foco atencional é orientado a um setor do espaço distinto daquele para o qual as superfícies sensoriais estão orientadas, fala-se em orientação encoberta da atenção. Por não envolver o deslocamento de superfícies sensoriais, a orientação encoberta da atenção possibilita a investigação de processos atencionais e seus substratos neurofisiológicos de forma que permite distingui-la em relação aos fatores sensório-motores envolvidos no desempenho da tarefa, o que não é tão simples no caso da orientação manifesta da atenção (POSNER, 1980; POSNER; SNYDER; DAVISON, 1980).

Os efeitos da orientação da atenção voluntária ou automática podem ser estudados independentemente e eventualmente comparados entre si por meio da **tarefa de orientação encoberta da atenção** desenvolvida por Posner (1980). Nesse teste, posicionado diante de um monitor de vídeo, o voluntário deve manter o olhar fixo num ponto localizado centralmente na tela e responder a estímulos-alvo apresentados em quadrados situados à direita ou à esquerda no mesmo plano horizontal. Uma pista sinalizadora precede os estímulos-alvo por intervalos de tempo variáveis podendo informar correta ou incorretamente o provável local de aparecimento do alvo, o que, em determinadas condições estimula o direcionamento da atenção. A variação do tempo entre o aparecimento da pista e do alvo ("*stimulus onset asynchrony*", em inglês, ou SOA) de forma aleatória permite avaliar aspectos temporais envolvidos no direcionamento da atenção e, ao mesmo tempo, impede que o voluntário saiba antecipadamente o momento exato de aparecimento do alvo e responda apenas com base em expectativas temporais.

O teste de orientação encoberta da atenção pode ser planejado de maneira a favorecer o uso de orientação endógena ou exógena (ASTON-JONES et al., 1999).

Para favorecer o uso de orientação exógena da atenção utilizam-se pistas periféricas que atraem a atenção do voluntário de forma automática, por exemplo, a variação de luminância de um dos quadrados periféricos como pista válida ou inválida. Por outro lado, para favorecer o uso de orientação endógena da atenção utilizam-se pistas simbólicas (ou “centrais”), por exemplo, a apresentação, próximo ao ponto de fixação, de uma seta ou outro símbolo indicando o local para onde a atenção deve ser direcionada (POSNER; RAICHLE, 1994).

Como as pistas podem ser apresentadas de forma que informem correta (pista válida) ou incorretamente (pista inválida) o local de apresentação do alvo (e.g., a pista pode indicar o lado direito quando o alvo é apresentado do lado esquerdo), a distribuição da probabilidade de ocorrência de tentativas válidas e inválidas pode ser manipulada para privilegiar a adoção de um determinado tipo de orientação da atenção. Por exemplo, se a porcentagem de ocorrência de pistas periféricas válidas e inválidas for igual e em sequência aleatória, supõe-se que o voluntário não criará expectativas (componente endógeno) sobre o provável local de aparecimento do alvo; porém, a atenção será mobilizada de forma automática, dada a natureza periférica da pista, permitindo avaliar esse aspecto da orientação da atenção isoladamente. Por outro lado, se a porcentagem de ocorrência de pistas simbólicas for 80% e 20%, para pistas válidas e inválidas respectivamente, gera-se a oportunidade de criar expectativas, permitindo investigar a orientação endógena da atenção isolada do componente automático.

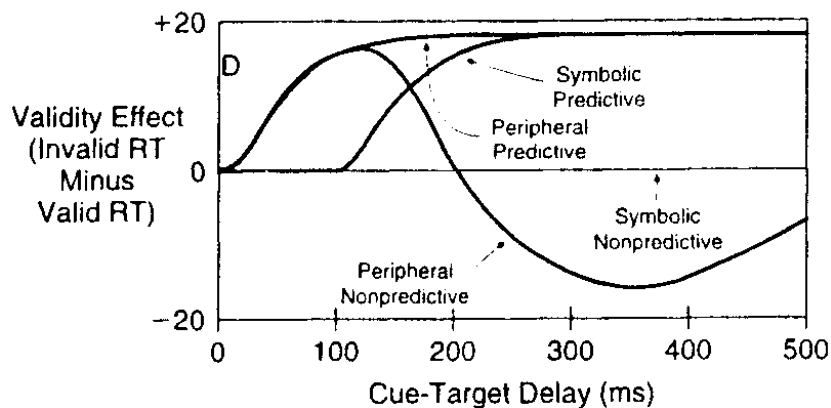
Existe ainda a possibilidade de requerer do voluntário uma resposta única, independente do local de apresentação do alvo, ou respostas condicionadas ao local de apresentação do alvo (e.g., botão esquerdo ao alvo à esquerda). No primeiro caso, é possível excluir dos resultados o efeito da preparação motora, pois a resposta será exatamente a mesma nas tentativas válidas e inválidas independentemente do local de aparecimento do alvo. O tempo decorrido entre o aparecimento do alvo e a resposta do voluntário é denominado **tempo de reação** (TR).

Quanto aos resultados, espera-se basicamente que o tempo de processamento do estímulo alvo seja menor se ele for apresentado no local coincidente com foco atencional (portanto, nas tentativas válidas); por outro lado, se o alvo é apresentado em local diferente daquele em que a atenção esta focada, o

tempo de processamento será maior (portanto, nas tentativas inválidas). A diferença no tempo de reação entre as tentativas inválidas e válidas é denominada efeito de validade (Efeito de Validade =  $TR_{inválidas}$  “menos”  $TR_{válidas}$ ). Adicionalmente, os efeitos da orientação atencional movida pela pista podem ser observados por meio de outras variáveis, por exemplo, a acurácia da resposta. Estando o estímulo alvo próximo ao limiar de percepção, a atenção torna-se decisiva na capacidade do organismo de perceber ou negligenciar a presença do estímulo, assim, ele será capaz de responder corretamente se a apresentação do alvo coincidir com o foco atencional, caso contrário, ele simplesmente não emitirá a resposta por não ser capaz de detectar o alvo (POSNER, 1988).

Os resultados usualmente observados em testes de atenção envolvendo seres humanos expostos a diferentes combinações possíveis de tipo de pista, proporção entre pistas válidas e inválidas, e diferentes SOAs, estão esquematizados na Figura 2. De acordo com Luck e Vecera (2002), (1) **pistas simbólicas não-informativas** não levariam à orientação espacial da atenção (não haveria qualquer motivação para que o indivíduo oriente sua atenção para o local indicado), (2) **pistas simbólicas informativas** produzem um efeito atencional que se inicia cerca de 100 ms depois da sua apresentação, atingindo o máximo cerca de 250 ms depois, mantendo-se assim ao longo do tempo, (3) **pistas periféricas informativas** produzem efeito atencional que se inicia imediatamente após sua apresentação, e após atingir uma assíntota assemelha-se ao efeito observado com pista simbólica informativa. Supõe-se que a atenção seja prontamente (“automaticamente”) captada pela pista periférica, pois não haveria necessidade de decodificar a mesma, o que explicaria o início de seu efeito imediatamente após a apresentação da pista. Ademais, a previsibilidade da situação faculta também mobilizar a atenção voluntariamente para o local indicado (MCCORMICK, 1997); porém, o curso temporal deste último processo seria mais lento (como visto em “2”. A curva observada resultaria da integração de ambos os efeitos. E (4) **pistas periféricas não-preditivas** geram um efeito atencional que se inicia imediatamente após sua apresentação, atinge o máximo cerca de 100 ms depois, e então decai resultando em tempos de reação maiores para alvos que aparecerem no mesmo local entre 200 e 500 ms, com pico entre 300 e 400 ms, depois da apresentação da pista. Este

último efeito é conhecido por “inibição de retorno”, pois haveria uma inibição do direcionamento da atenção para um local recentemente atendido.



**Figura 2.** Efeito de validade (diferença entre o tempo de reação nas tentativas inválidas e o tempo de reação nas tentativas válidas) observado em função do intervalo de tempo entre apresentação da pista e do alvo, e do tipo de pista empregada (de LUCK; VECERA, 2002).

O mecanismo neural da orientação da atenção parece envolver diferentes regiões cerebrais. Apesar da orientação automática e voluntária da atenção aparentarem ser bastante diferentes, Rosen e col. (1999) não observaram diferenças substanciais nas áreas cerebrais ativadas durante a mobilização de cada um desses tipos de atenção. Isto é, esses autores observaram ativação nervosa na região pré-motora dorsal e parietal, na junção temporo-parietal, córtex parietal superior e área visual frontal, tanto durante a ativação endógena como durante a ativação exógena da atenção. A única região nervosa cuja atividade aumentou em associação a apenas um desses tipos de orientação da atenção foi o córtex pré-frontal dorsolateral direito que era ativado durante o direcionamento voluntário da atenção. Essa região nervosa é usualmente associada ao funcionamento da memória operacional indicando provavelmente seu papel na orientação endógena da atenção.

Corbetta e Shulman (2002) defendem que a orientação voluntária e automática possuem substratos neurais distintos. Segundo esses autores, o córtex intra-parietal e córtex frontal superior estariam envolvidos na orientação voluntária ao passo que o córtex temporo-parietal e córtex frontal inferior estariam envolvidos na orientação automática da atenção.

Essa controvérsia envolvendo as conclusões desses dois grupos de pesquisadores talvez possa ser entendida considerando-se discrepâncias nos tipos de teste e tipos de pistas empregados para investigar a orientação encoberta da atenção.

O conceito de atenção endógena é usualmente associado à consciência, volição e intenção (POSNER; SNYDER, 1975; MCCORMICK, 1997). Entretanto, tem havido descrições envolvendo seres humanos, testados com pistas periféricas preditivas, que seriam operacionalmente classificáveis como envolvendo “atenção endógena”, cujos voluntários **não** tomam conhecimento consciente da previsibilidade facultada pela pista, mas revelam o fenômeno gerado pela previsibilidade, em curso temporal compatível com um direcionamento atencional endógeno (BARTOLOMEO; DECAIX; SIÉROFF, 2007). Assim, o conhecimento consciente da previsibilidade facultada pela pista não parece crucial para o surgimento do efeito de validade, sugerindo o envolvimento de processos implícitos nesse fenômeno.

Apesar dos voluntários não serem capazes de declarar a relação pista-alvo, esses dados sugerem que provavelmente há influências, mesmo que implícitas, no processo decisório. Experimentos com pistas periféricas de intensidade pouco abaixo do limiar de percepção as quais, portanto, os participantes não são capazes de perceber conscientemente, mostram que a atenção é atraída automaticamente para o local de aparecimento da pista, mas o efeito de validade ocorre apenas em SOAs curtos (MULCKHUYSE; TALSMA; THEEUWES, 2007), mesmo que a pista seja informativa (MCCORMICK, 1997).

Adicionalmente, descrições envolvendo seres humanos testados com pistas “simbólicas direcionais” (e.g., uma face esquematizada cujo olhar está direcionado para um dos lados ou uma seta apontando numa dada direção do campo visual – isto é, pistas que são culturalmente direcionais na rotina diária de qualquer ser humano), porém não-informativas, portanto, que não fornecem qualquer indicação real sobre o provável local de aparecimento do alvo, geram marcado efeito de validade (RISTIC; FRIESEN; KINGSTONE, 2002, RISTIC; KINGSTONE, 2006). Esses resultados sugerem que a experiência pregressa dos voluntários com esses estímulos simbólicos direcionais, aos quais seres humanos são usualmente expostos desde muito jovens, influenciam o direcionamento da atenção de forma aparentemente reflexa, ainda que as pistas não sejam informativas. Mais

impressionante em relação a esses resultados é que esses efeitos estão marcadamente presentes mesmo quando o SOA é relativamente pequeno, e.g., 105 ms (RISTIC; FRIESEN; KINGSTONE, 2002), como se o processo exógeno de orientação da atenção estivesse envolvido.

Esses relatos sugerem que algumas configurações que aparentemente avaliariam a orientação automática produzem efeito de orientação voluntária e configurações que aparentemente deveriam avaliar exclusivamente a orientação voluntária produzem efeito de orientação automática. Não é improvável que estudos neurofisiológicos envolvendo orientação encoberta da atenção tenham desconsiderado esse tipo de fenômeno, falhando assim em identificar as regiões nervosas envolvidas nesses processos, pois eles próprios não estariam claramente identificados e controlados nas tarefas utilizadas. Isso pode ter resultado na associação equivocada de certas funções atencionais com o funcionamento de determinadas áreas encefálicas.

A possibilidade de realizar pesquisas análogas em animais de laboratório potencialmente teria um impacto significativo no entendimento dos substratos neurais envolvidos nos diferentes tipos de orientação da atenção, pois facultaria a realização de intervenções (lesões, administração de drogas, registro eletrofisiológico, entre outras) em diferentes circuitos neurais supostamente envolvidos nesses processos, permitindo sua investigação detalhada. E, nesse contexto, a utilização de roedores aumenta substancialmente o espectro de possibilidades de investigação.

### **Atenção em animais**

Da mesma forma como atribuímos à atenção a função de otimizar o processamento da informação ambiental nos seres humanos, certamente podemos inferir a existência dos mesmos processos nos animais. Seria estranho que não houvesse, ou ainda, que não fosse largamente difundido no reino animal, processos de otimização do uso das funções de processamento de informação pelo sistema



nervoso, selecionando estímulos que sejam mais relevantes para a sobrevivência do organismo.

Diferentes animais têm sido usados para o estudo da atenção, entre eles macacos (MORAN; DESIMONE, 1985; MOTTER, 1993), roedores (ROSNER; MITTLEMAN, 1996; WARD; BROWN, 1996; STEWART; BURKE; MARROCO, 2001; BUSHNELL; CHIBA; OSHIRO, 1998), drosófilas (SWINDEREN, 2007) e abelhas (KLOSTERHALFEN, FISCHER; BITTERMAN, 1978). A escolha de cada um desses animais se fundamenta nos tipos de pergunta que se quer responder. Por exemplo, o estudo da atenção em macacos, i.e., primatas, se justifica diretamente pela sua proximidade com humanos, o que pode facultar a compreensão dos mecanismos atencionais subjacentes, com implicações médicas. Porém, além do elevado custo surgem questões éticas cuja solução não é simples. O uso de outros grupos de animais, como roedores, pode também contribuir para a área médica, mas também, juntamente com invertebrados e outros vertebrados pode contribuir, de forma geral, para o entendimento da cognição animal do ponto de vista comportamental e das suas bases neurológicas.

É importante que o estudo da atenção nesses diferentes grupos de animais respeite suas características particulares, dado as suas diferenças anatômicas e comportamentais; idealmente, seria interessante que as tarefas empregadas em diferentes animais sejam análogas. Porém, pode acontecer da tarefa proposta se tornar mais complicada do que aquela empregada em estudos envolvendo seres humanos. Por exemplo, macacos são capazes de desempenhar a tarefa de Posner praticamente sem alterações na estrutura da tarefa; portanto, a analogia em relação a seres humanos seria plena. Porém, diferentemente do ser humano, macacos não se beneficiam de instruções verbais, sendo necessário treiná-los intensamente para que cheguem a executar a tarefa corretamente.

A tarefa de Posner foi também adaptada para ratos (ROSNER; MITTLEMAN, 1996; WARD; BROWN, 1996; STEWART; BURKE; MARROCO, 2001; BUSHNELL; CHIBA; OSHIRO, 1998). Para isso, utiliza-se uma caixa experimental com três buracos posicionados lado a lado nos quais os animais, de acordo com um esquema de treino prévio, devem inserir seus focinhos para receberem uma recompensa. Lâmpadas no fundo de cada buraco emitem níveis variáveis de iluminação, por curtos períodos de tempo, sob controle de um computador. A inserção do focinho

nos buracos é monitorada por foto-sensores posicionados na entrada de cada buraco. O experimento inicia-se com o acendimento da lâmpada do buraco central; os animais devem, então, inserir a focinho nesse buraco. Assim que o focinho é inserido no buraco central, uma luz fraca (pista) é apresentada em um dos buracos laterais. Após um determinado intervalo de tempo (SOA), também em um dos buracos laterais, acende-se uma luz intensa (alvo). O tempo transcorrido desde o acendimento do alvo e a retirada do focinho do buraco central é registrado como tempo de reação.

Diferentemente dos trabalhos com humanos, não parece possível monitorar se os animais estão efetivamente orientando a atenção encobertamente; aparentemente ratos não possuem fóvea nem movimentam os olhos para melhor focar objetos no campo de visão; esses animais movimentam toda a cabeça para orientarem-se para estímulos visuais. Como o aparelho experimental está arranjado de tal forma que o movimento da cabeça é restrito, defende-se que não há orientação explícita da atenção (WEESE; PHILLIPS; BROWN, 1999).

Esse arranjo experimental gera um claro efeito de validade tanto com pistas informativas (e.g. WARD; BROWN, 1996) quanto com pistas não informativas (e.g. WEESE; PHILLIPS; BROWN, 1999). Isto é, o TR nas tentativas válidas é significativamente menor que o TR nas tentativas inválidas. Ressalte-se, porém, que as pistas utilizadas são de natureza periférica (ver adiante).

Como a porcentagem de ocorrência de pistas periféricas válidas e inválidas pode ser manipulada nessa situação experimental; o esquema 50-50 permite investigar a orientação exógena da atenção; já o esquema 80-20 permitiria avaliar também se o sujeito desenvolve uma expectativa em relação ao provável local de ocorrência do alvo; assim, em princípio, possibilitaria investigar adicionalmente o componente endógeno da orientação da atenção.

Parece interessante enfatizar que Ward e Brown (1996) utilizaram pistas periféricas informativas (esquema 80-20) e Weese, Phillips e Brown (1999) utilizaram pistas periféricas não-informativas (esquema 50-50). Como esses diferentes arranjos experimentais geraram resultados similares em termos do efeito de validade, supõe-se que o efeito de validade esteja relacionado com o fato de se tratarem de pistas periféricas, que efetivamente foram empregadas em ambos os estudos. Além disso, esses resultados sugerem que o emprego de pistas preditivas, como no estudo de

Ward e Brown (1996), não adiciona informação relevante para o processo de orientação da atenção em ratos, como refletido no efeito de validade. Esse quadro levou à sugestão de que a orientação da atenção nesse paradigma experimental em ratos seria “involuntária” (ou automática) (PHILLIPS et al., 2000).

Porém, uma análise cuidadosa do curso temporal do efeito de validade nesses estudos sugere que houve pelo menos uma diferença importante nos efeitos observados. Isto é, enquanto Ward e Brown (1996), usando o esquema 80-20, descreveram que o efeito de validade ocorre nos SOAs 200 e 400 ms, mas não nos SOAs de 600 e 800 ms, Weese, Phillips e Brown (1999), usando o esquema 50-50, mostraram que o efeito de validade ocorre no SOA 200 ms, mas não nos SOAs 300, 400 e 500 ms. Assim, a preditibilidade do local de aparecimento do alvo, possível apenas no esquema 80-20, parece ter estendido o aparecimento do efeito de validade para além dos 200 ms, incluindo o SOA de 400 ms. De qualquer forma, a ausência de efeito de validade nos SOAs maiores parece incongruente com o modelo de orientação endógena da atenção em humanos (LUCK; VECERA, 2002).

Marote e Xavier (2011), utilizando tarefa similar em nosso laboratório, observaram a ocorrência de efeito de validade tanto no esquema 50-50 como no esquema 80-20, nos SOAs de 200, 400 e 800, mas não 1200 ms. Ou seja, a utilização de SOAs maiores em relação aos utilizados por Ward e Brown (1996) e Weese, Phillips e Brown (1999), associado a alvos com duração menor (o que impõe maior demanda atencional) parece ter contribuído para o surgimento do efeito de validade em SOAs maiores. Mais interessante, porém, Marote e Xavier (2011) demonstraram que o efeito de validade no intervalo de 800 ms foi significativamente maior nos animais submetidos ao esquema 80-20, em relação aos animais expostos ao esquema 50-50, sugerindo a existência de um efeito de orientação endógena da atenção, que se sobrepõe ao efeito exógeno, em ratos. Esses autores observaram também uma diminuição na acurácia da resposta nas tentativas inválidas no esquema 80-20, mas não no esquema 50-50, como se a orientação endógena da atenção para o local incorretamente indicado pela pista prejudicasse a detecção do curto estímulo alvo. Porém esse efeito foi observado apenas quando o intervalo entre pista e alvo foi de 200 ms e, além disso, nesse intervalo não houve qualquer diferença nos efeitos de validade nesses dois esquemas. Por outro lado, os TRs nas tentativas inválidas foram maiores no esquema 80-20 em relação ao esquema 50-

50, quando o SOA foi de 800 ms; porém, nesse intervalo, não houve qualquer diferença na acurácia da resposta. Esses efeitos sugestivos de orientação endógena da atenção em ratos merecem investigação adicional.

Parece importante ressaltar que pistas periféricas foram utilizadas em todos esses estudos envolvendo roedores, o que limita ou confunde a investigação de processos de orientação endógena da atenção. Assim, não ficou clara qual a contribuição relativa de processos de orientação exógena e endógena para o desempenho final dos animais, em particular pela falta de informação consistente sobre o curso temporal dessas respostas atencionais em ratos. Em outras palavras, quando a pista preditiva é periférica, torna-se difícil estimar a contribuição dos componentes exógenos e endógenos para o surgimento do efeito de validade.

Uma maneira de isolar o componente endógeno do componente exógeno do direcionamento atencional de ratos é utilizando pistas simbólicas. Estímulos auditivos são prontamente detectados por ratos que são também capazes de discriminar sua frequência. Além disso, dependendo do tipo de apresentação adotado, esse tipo de estímulo não possui propriedades intrínsecas que possam sinalizar localizações espaciais (diferentemente de setas), se emitidas de uma única fonte. Adicionalmente, existem evidências na literatura de que similarmente às pistas visuais, pistas auditivas podem ser direcionais, por exemplo, quando a fonte do som coincide com o local de aparecimento do alvo; sua ação seria mais rápida do que a de pistas auditivas simbólicas, ou seja, o efeito da pista periférica é mais significativo em intervalos curtos (e.g. 100 ou 200ms) e após determinado intervalo as diferenças por tipo de pista desaparecem (NASANEN et al., 2008).

Assim, dado o sucesso em transpor a tarefa de Posner para ratos (ROSNER; MITTLEMAN, 1996; WARD; BROWN, 1996; STEWART; BURKE; MARROCO, 2001; BUSHNELL; CHIBA; OSHIRO, 1998), e a possibilidade de direcionamento da atenção visual por meio da apresentação de pistas auditivas (observado em humanos), a elaboração de uma tarefa de orientação encoberta da atenção em ratos utilizando-se pistas auditivas simbólicas parece um tanto razoável e exequível.

## **Objetivo e justificativa**

O objetivo do presente trabalho é avaliar se ratos exibem orientação encoberta da atenção visuo-espacial numa situação análoga ao paradigma de atenção encoberta de Posner (1980) para seres humanos, com a utilização de pistas simbólicas informativas auditivas. A utilização de pistas auditivas no teste de atenção visuo-espacial permite excluir a possibilidade de que esteja ocorrendo orientação exógena da atenção. Assim, se houver efeito de validade, poder-se-á concluir que é a orientação endógena da atenção é a responsável por esse efeito.

Além da contribuição teórico-conceitual desses estudos para o conhecimento sobre orientação da atenção, a validação da tarefa para ratos como modelo animal para o estudo da orientação endógena da atenção, facilitaria o emprego de técnicas neurofisiológicas, envolvendo o registro da atividade eletrofisiológica, aplicação tópica de toxinas ou drogas que alteram a atividade nervosa de forma conhecida, possibilitando o emprego desse modelo animal, mais acessível que primatas não humanos, em estudos sobre as bases neurais da atenção. O presente projeto representa uma tentativa de contribuir para esse empreendimento.

## MATERIAL E MÉTODOS: PROCEDIMENTOS GERAIS

### Sujeitos experimentais

Foram utilizados ratos Wistar machos, com 3-4 meses de idade no início dos experimentos, oriundos do biotério do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências-USP e mantidos no biotério do Laboratório de Neurociências e Comportamento do mesmo Departamento.

Os animais foram alojados em gaiolas convencionais de polipropileno em grupos de 4 ou 5 animais. Os animais incluídos em cada gaiola foram os mesmos desde o desmame, não havendo isolamento social, com vistas a evitar possíveis efeitos negativos causados por isolamento social, já que é característico desses animais o comportamento social e o tempo total do experimento é relativamente longo.

Esses animais receberam água *ad libitum* e a quantidade de 18g per capita de ração diária. Apesar de não haver controle individual de consumo de alimento, a ração era consumida em 4 ou 5 h após ser disponibilizada. Assim, todos os animais tiveram acesso ao alimento; por outro lado, esse esquema garantiu um período de mais de 18 h de jejum. O peso dos animais não diminuiu com a restrição alimentar. Adicionalmente, testes realizados com animais isolados ou em grupos com controle mais estrito do esquema de alimentação não revelaram aumento substancial das respostas na tarefa em função do aumento da restrição alimentar.

Ambos, o isolamento social (BIANCHI et al., 2006) e a restrição substancial de alimentos (AKMAN et al., 2004) podem causar prejuízos cognitivos. Assim, numa tarefa que se pretende justamente avaliar atenção e requer prolongado treinamento prévio, pode ser contraproducente a aplicação dessas medidas.

A luz do biotério onde os animais foram mantidos durante o experimento foi controlado automaticamente num ciclo claro-escuro de 12 horas (12-12hs, luzes acesas às 06:00hs) e a temperatura mantida estável ( $21 \pm 2^\circ$  C).

Todos os procedimentos e cuidados com os animais estão em acordo com as normas nacionais e internacionais de uso de animais em pesquisa, e foram aprovadas pelo Comitê de Ética em pesquisas com animais, do IBUSP.

## **Aparelho**

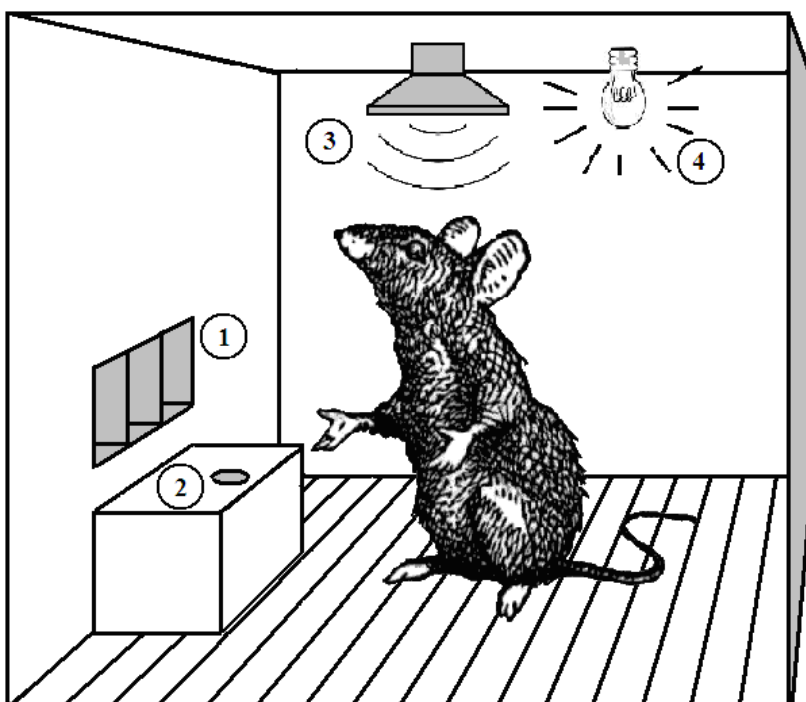
Utilizamos duas caixas de condicionamento operante, confeccionadas em nosso laboratório (Figura 3). A única diferença entre as gaiolas são os materiais utilizados na confecção das paredes: uma possui paredes de alumínio fosco e a outra de acrílico branco. Essas gaiolas são alojadas dentro de caixas de madeira com revestimento interno de material anti-ruído.

Cada gaiola é composta, em uma das paredes, por um conjunto de três buracos quadrados situados 7,5 cm acima do assoalho e um bebedouro situado 1,8 cm acima do assoalho; no teto, há um alto-falante, uma lâmpada que provê a iluminação no interior da gaiola e uma câmera de vídeo que permite visualizar o interior da gaiola durante o experimento.

Cada buraco, quadrado, mede 2,5 cm de lado e 4,5 cm de profundidade. No fundo de cada um dos buracos, estão posicionados diodos emissores de luz (LEDs) branca, que podem ser ligados e desligados por curtos períodos de tempo (ver adiante), sob controle de um microcomputador. Para atenuar e espalhar a luz emitida pelos LEDs, há uma peça plástica translúcida posicionada logo a frente dos LEDs. Assim, a iluminação interna dos buracos é tal que o estímulo luminoso não é percebido como um ponto, mas sim como uma área relativamente grande, que ocupa grande parte do campo visual dos animais. A quantidade de luz na entrada de cada buraco foi regulada para uma intensidade de 30 lux.

À 0,5 centímetros da entrada de cada buraco, na parte de baixo, há um LED que emite luz infravermelha alinhado a um fotossensor, situado na parte superior do buraco, que registra interrupções de um feixe de luz infravermelha quando o animal insere o focinho no mesmo. Todo o comportamento do rato avaliado na tarefa é monitorado por esses sensores que estão conectados a um microcomputador.

O alto-falante, posicionado no teto da gaiola, emite sons (pistas) que indicam para cada animal o local do aparecimento do alvo. Os sons utilizados são puros; sua intensidade está ajustada para 70 decibéis e as frequências são de 1kHz (kilohertz) e 5kHz. O tempo de apresentação da pista é de 100ms.



**Figura 3:** Esquema representativo do interior da gaiola; **(1)** três buracos; na entrada de cada um há uma fotocélula que é acionada quando o rato insere o focinho e no fundo há uma lâmpada que indica quando o rato deve inserir o focinho; **(2)** bebedouro onde o rato recebe 20  $\mu$ L de sacarose a 10 % a cada tentativa correta; **(3)** alto falante por onde são emitidos sons de frequências diferentes (1khz e 5khz) como pistas para o lado direito ou esquerdo; **(4)** lâmpada para iluminar o interior da gaiola.

Alinhado com o buraco central, 3,7 cm abaixo, está localizado o bebedouro onde o animal recebe o reforço (20  $\mu$ L de sacarose a 10%) quando responde corretamente. No teto há um LED que ilumina todo o ambiente durante a tarefa; em caso de erro, ele é apagado para sinalizar a ocorrência de uma resposta incorreta.

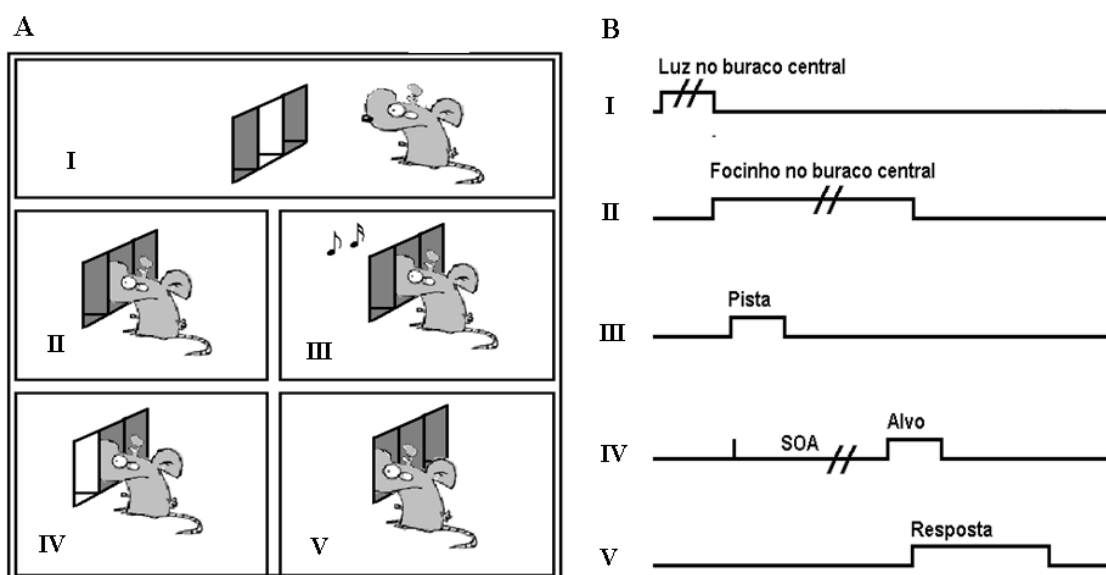
Os LEDs, as fotocélulas, os alto-falantes e o motor do bebedouro estão ligados a uma interface onde é feita o controle de alimentação de energia. É nessa interface que, sob o comando de um microcomputador, se aciona os componentes eletro-eletrônicos, o alto-falante, e se faz o monitoramento, por meio dos fotossensores, das respostas dadas pelos animais. Um programa de computador permite que se faça, de forma automática, o monitoramento e controle os componentes da gaiola. Com esse programa, é possível configurar o tempo de apresentação dos estímulos (pistas e alvos), o intervalo de tempo entre os mesmos, e manipulá-los de acordo com as contingências experimentais desejadas.



## Tarefa comportamental

Durante os testes de atenção, os animais devem executar uma sequência de respostas em função dos estímulos apresentados, de forma análoga à tarefa em humanos (Figura 4). Em cada tentativa o rato deve inserir o focinho no buraco central quando uma luz é acesa em seu interior; isso equivaleria ao voluntário humano manter o olhar no ponto de fixação. Apesar de não controlarmos a direção do olhar nos ratos, acredita-se que não haja movimento dos olhos em ratos; assim, se o animal mantiver sua cabeça relativamente imobilizada, com o focinho inserido no buraco central, em princípio, não haveria direcionamento explícito da atenção dado que cada olho estaria bem em frente ao buraco lateral onde o alvo será apresentado (WARD; BROWN, 1996; WEESE; PHILLIPS; BROWN, 1999). A luz do buraco central é apagada, mas o rato deve permanecer com o focinho nesse buraco. Então, depois de um intervalo de 300 ms ocorre a apresentação da pista auditiva, e finalmente, após intervalos variáveis de tempo (SOAs) desde o início da pista, apresenta-se o alvo que corresponde ao acendimento do LED de um dos buracos laterais. O rato deve retirar o focinho do buraco central e focinhar o buraco no qual o alvo foi apresentado. A retirada do focinho do buraco central antes ou 80 ms depois do início da apresentação do alvo é registrada como um **erro de antecipação** (supõe-se que esse intervalo de tempo não é suficiente para que o animal detecte o estímulo). Neste caso, a luz da caixa experimental é apagada e, depois de um intervalo de tempo de 500 ms (intervalo entre as tentativa, ITI), inicia-se nova tentativa. Se o animal focinhar o buraco correspondente ao acendimento do alvo, ele é recompensado. O tempo decorrido desde o início da apresentação do alvo até a remoção do focinho do buraco central é definido como Tempo de Reação (TR).

A validade da pista se configura pelo treinamento ao qual o animal foi submetido. Como durante o treino uma relação pista-alvo (e.g., som de 1kHz precede alvo à esquerda, som de 5kHz precede alvo à direita) é apresentada de forma consistente, isto é, a pista indica corretamente, em 100% da vezes, o local de aparecimento do alvo, essa relação é tomada como referência para determinar se uma pista é válida ou inválida. Pelo exemplo, a pista de 1kHz seria válida se precedesse o alvo apresentado à esquerda e inválida se precedesse o alvo apresentado à direita.



**Figura 4.** Esquema representativo de uma tentativa (A) e o curso temporal de cada um dos estímulos apresentado, assim como sua relação com os outros estímulos (B). Quando a luz no buraco central é acesa (I) o animal deve inserir o focinho nesse buraco e mantê-lo ali, mesmo depois da luz ter sido apagada (II). Ainda com o focinho no buraco central, apresenta-se a pista auditiva (III). O animal deverá manter o focinho nesse mesmo buraco. Então, ocorre a apresentação do alvo luminoso num dos buracos laterais (IV). O animal deve remover o focinho do buraco central e inserí-lo no buraco cuja luz foi acesa (V).

O tempo máximo disponibilizado para o animal responder é 1000 ms após o início da apresentação do alvo. Se não houver resposta nesse período de tempo, a tentativa se encerra e considera-se que houve um **erro de omissão**. Se a resposta for emitida dentro do intervalo permitido, porém, no buraco oposto ao qual o alvo foi apresentado, caracteriza-se um **erro de comissão**. Respostas corretas levam à liberação do reforço (20  $\mu$ L de sacarose a 10%) em esquema de reforço contínuo.

Para chegar a esse estágio, quando são realizados os testes na tarefa de atenção, os animais passam por um treinamento que envolve diferentes etapas (ver adiante).

## Treinamento

O protocolo de treino envolve diversas etapas destinadas à modelagem do animal na tarefa e uma etapa destinada para teste das condições descritas anteriormente. Antes e durante o início do treino os animais são manipulados para

acostumá-los ao manuseio, a fim de facilitar a colocação e retirada do animal da gaiola além de reduzir o estresse provocado nessas manipulações.

Inicialmente, todos os animais de uma gaiola (4 ou 5) são colocados simultaneamente na caixa de experimento. Isso permite que se habituem ao local e localizem o bebedouro, o consumo da solução de sacarose (10%) nesta fase é livre, sendo liberada em intervalos de aproximadamente 1s quando os animais estão bebendo a solução de sacarose. É importante que todos os animais tenham acesso à solução, para isso é feito o monitoramento de cada animal individualmente. Não há controle da quantidade de ingestão per capita; nessa fase, basta que os animais reconheçam o bebedouro como fonte da solução açucarada.

A partir da segunda sessão de treinamento, os animais foram inseridos na caixa de condicionamento individualmente e liberou-se a solução de sacarose para respostas similares à esperada (focinhar o buraco central) e, pela técnica de reforço diferencial de resposta por aproximações sucessivas, instalou-se a resposta desejada, que consiste em colocar o focinho completamente no buraco central. Essa etapa é feita inicialmente controlando-se manualmente a liberação do reforço, após a inserção efetiva do focinho no buraco central o computador passa a controlar a liberação do reforço de acordo com as repostas do animal.

Na etapa seguinte, espera-se que o animal responda aos buracos laterais de acordo com a apresentação do alvo. Na fase inicial dessa etapa, a luz no buraco lateral é acesa e o computador aguarda até que o rato insira o focinho no buraco cujo LED encontra-se aceso; não há punição por demora ou por respostas incorretas. Posteriormente, respostas demoradas ou em local incorreto são punidas, obrigando o animal a reiniciar a tentativa.

Consolidado o comportamento de focinhar o buraco central e posteriormente o buraco lateral indicado pelo alvo, insere-se os intervalos entre o focinhar no buraco central e a apresentação do alvo. Até essa fase, a apresentação do alvo ocorria imediatamente após a inserção do focinho no buraco central. O aumento do intervalo se dá gradativamente, 100 ms por vez, atingindo-se o intervalo apropriado, cuja referência é o SOA máximo a ser utilizado no experimento (e.g. 400 ms no Experimento 1 e 700 ms no Experimento 3). Posteriormente, o intervalo passa a ser variável (e.g. 100, 200 e 400ms) e apresentado de forma aleatória.

A fase final de treino consiste na inserção da pista. Nessa fase, 100% das pistas são válidas. Sessões de treino com 100% das tentativas válidas são também realizadas entre as sessões de teste, para garantir que os animais mantenham a expectativas em relação às informações fornecidas pela pista. A fase de teste é similar à de treino, diferindo apenas em relação à probabilidade associada à pista. Ao invés de 100% de tentativas válidas como na fase de treino, na sessão de teste são incluídas 80% de tentativas válidas e 20% de tentativas inválidas (como descrito acima).

## **EXPERIMENTO 1: Ratos são capazes de usar uma pista simbólica auditiva para orientar a atenção visuo-espacial?**

Este experimento avaliou (1) se ratos são capazes de utilizar informações simbólicas para direcionar a atenção e (2) o curso temporal da orientação da atenção visuo-espacial em ratos por meio do efeito de validade em diferentes SOAs.

Complementarmente, foram realizados testes envolvendo dois tempos de duração do alvo para avaliar se variações no grau de dificuldade para detectar esse estímulo altera a magnitude do efeito de validade. Isso ajudaria a escolher os melhores parâmetros na tarefa para tornar o teste mais eficiente.

### **Procedimentos**

Neste experimento foram utilizados 13 ratos, seguindo os procedimentos descritos acima. Os SOAs utilizados foram de 100, 200 e 400 ms. Os animais foram testados com alvos cuja duração foi de 100 ms (Experimento 1A) e com alvos cuja duração foi de 5 ms (Experimento 1B); foram realizadas duas sessões de teste em cada uma dessas condições.

O experimento 1A foi realizado com o mesmo tempo de apresentação do alvo utilizado durante toda a fase de treino. O experimento 1B foi realizado dois dias (correspondente ao final de semana) após a realização do experimento 1a, sendo que houve uma sessão de treino antes da primeira sessão de teste nessa nova condição.

Respostas emitidas entre 80 e 1000 ms após o início da apresentação do alvo, com inserção do focinho no buraco cujo LED foi aceso, foram computadas como respostas corretas. Como descrito acima, tempos de reação inferiores a 80 ms foram computados como erros de antecipação e tempos de reação superiores a 1000 ms foram computados como erros de omissão e respostas dentro desse intervalo, mas em local incorreto foram computadas como erros de comissão.

## Análise dos resultados

Foram analisados os *tempos de reação* e a *acurácia* (esta última envolvendo a percentagem de respostas corretas transformadas para se adequarem ao teste por meio do arco-seno da raiz quadrada da porcentagem – ver ZAR, 1984) considerando-se a validade da pista e o SOA. A média das medianas dos tempos de reação em cada condição foram comparadas por meio do teste de análise de variância para medidas repetidas (ANOVA), tendo Validade (válidas e inválidas) e SOA (100, 200 e 400 ms) como variáveis intra-sujeitos. Análises adicionais, quando necessárias, foram realizadas por meio do teste de Tukey.

Os Experimentos 1A e 1B foram analisados separadamente e posteriormente analisados conjuntamente. Após essas análises terem sido realizadas identificamos que o modo mais apropriado seria realizar uma única análise tendo “tempo de alvo” como um dos fatores, entretanto, por falta de tempo hábil não foi possível realizar a devida correção

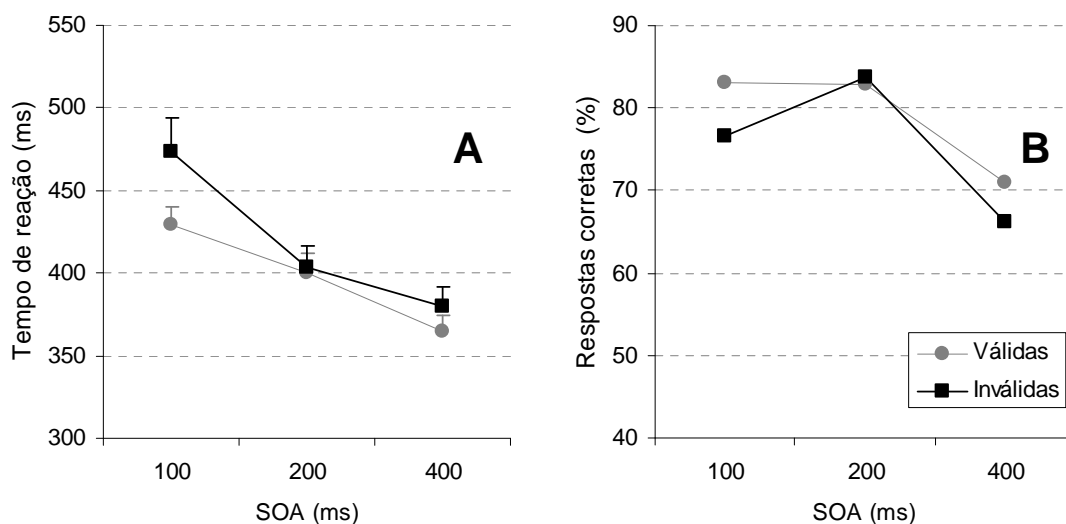
## Resultados

### Experimento 1A. Alvos com duração de 100 ms

A Figura 5 mostra os tempo de reação (Figura 5A) e a percentagem de respostas corretas (Figura 5B) em função dos SOAs e da validade das pistas no Experimento 1a, envolvendo alvos cuja duração foi de 100 ms.

Em relação aos tempos de reação (Figura 5A), a ANOVA revelou efeitos significantes em relação aos fatores principais Validade da pista ( $F_{1,12}=17,946$ ,  $p=0,00116$ ) e SOA ( $F_{2,24}=57,401$ ,  $p=0,000001$ ), e também em relação a interação entre SOA e Validade ( $F_{2,24}= 9,6330$ ,  $p= 0,00085$ ). De fato, como mostra a Figura 5A, os tempos de reação foram significativamente menores na condição válida em relação à condição inválida, indicando que a pista válida, como esperado, leva a uma redução do tempo de reação. Os resultados mostram ainda que os tempos de reação diminuem à medida que se aumenta o SOA, indicando que quanto maior o

intervalo de tempo entre a pista e o alvo mais rápida é a resposta dos animais. A existência de efeito significativo envolvendo a interação Validade x SOA sugere que o efeito de validade variou em função do SOA. Nesse sentido, é interessante notar que a análise post-hoc de Tukey revelou a existência de diferença significativa apenas em relação aos tempos de reação no SOA de 100 ms ( $p < 0,05$ ).



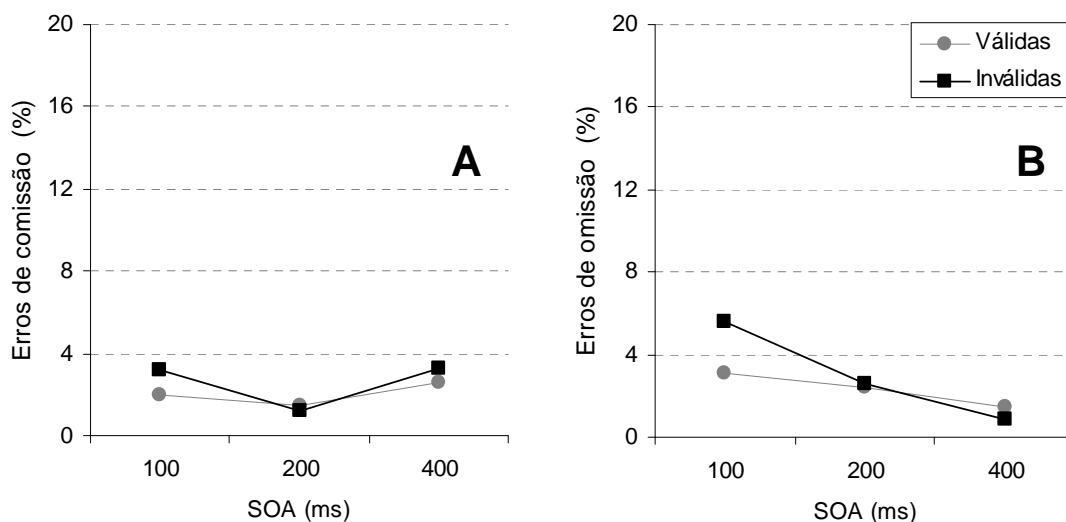
**Figura 5.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e percentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 100 ms.

Em relação à percentagem de respostas corretas (Figura 5B), a ANOVA revelou a existência de efeito quase significativo em relação ao fator principal Validade da pista ( $F_{1,12} = 4,0841$ ,  $p = 0,06618$ ), efeito significativo em relação ao fator principal SOA ( $F_{2,24} = 23,137$ ,  $p = 0,000001$ ) e efeito significativo em relação à interação entre Validade e SOA ( $F_{2,24} = 3,6864$ ,  $p = 0,04017$ ), sugerindo que a validade da pista interfere na percentagem de respostas corretas e que a magnitude dessa interferência é sensível ao SOA. A Figura 5B mostra a ocorrência de uma menor percentagem de respostas corretas quando o alvo foi precedido por pistas inválidas, e que esse efeito parece mais acentuado nos SOAs de 100 e 400 ms.

ANOVAs envolvendo os tipos de erros cometidos pelos animais durante o desempenho da tarefa revelou ausência de efeitos significantes em relação ao fator

validade tanto para erros de comissão ( $F_{1,12}=,05894$ ,  $p=0,81229$ ) (Figura 6A) como para erros de omissão ( $F_{1,12}=,00001$ ,  $p=0,99699$ ) (Figura 6B).

De fato, a inspeção da Figura 6 revela que a quantidade desses tipos de erros foi relativamente pequena.



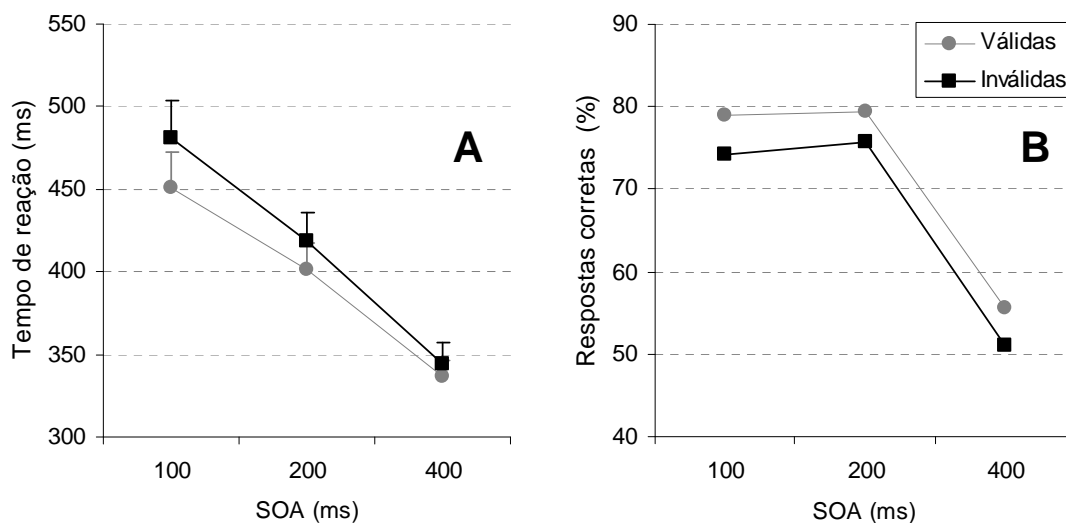
**Figura 6.** Percentagem de erros de comissão (A) e de erros de omissão (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 100 ms.

#### Experimento 1B. Alvos com duração de 5 ms

A Figura 7 mostra os tempos de reação (Figura 7A) e a percentagem de respostas corretas (Figura 7B) em função dos SOAs e da validade das pistas no Experimento 1B, envolvendo alvos cuja duração foi de 5 ms.

Em relação aos tempos de reação (Figura 7A), a ANOVA revelou a existência de efeitos significantes em relação aos fatores principais Validade da pista ( $F_{1,12}=10,724$ ,  $p=0,00664$ ) e SOA ( $F_{2,24}=57,353$ ,  $p=0,000001$ ), e também em relação à interação entre Validade de pista e SOA ( $F_{2,24}=3,8537$ ,  $p=0,03537$ ). Como esperado, os tempos de reação são menores quando o alvo é precedido por uma pista válida (Figura 7A), assim como se tornam menores à medida que se aumenta o intervalo de tempo entre a pista e o alvo. A análise post-hoc de Tukey revelou que esse efeito de validade é significativo em relação ao SOA de 100 ms ( $p=0,000512$ ), sendo o efeito marginalmente significativo em relação ao SOA de 200 ms ( $p = 0,076679$ ).

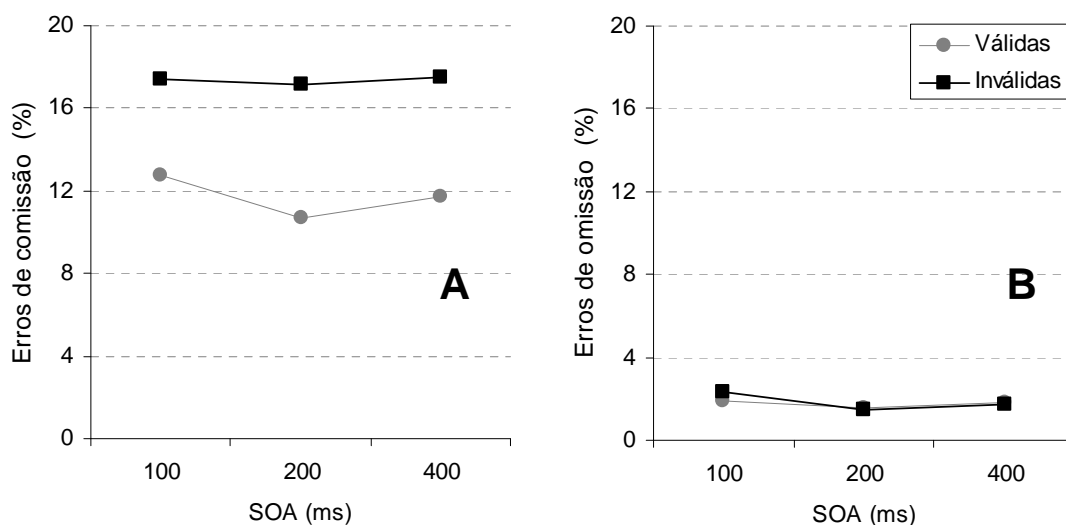




**Figura 7.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e percentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms.

Em relação à percentagem de respostas corretas a ANOVA revelou a existência de diferenças significantes em relação aos fatores principais Validade da pista ( $F_{1,12}=5,7877$ ,  $p=0,03317$ ) e SOA ( $F_{2,24}=81,828$ ,  $p=0,000001$ ) (que parece relacionar-se principalmente com o SOA de 400 ms, conforme a análise por meio do teste de Tukey), mas não para a interação entre Validade da pista e SOA ( $F_{2,24}=,25812$ ,  $p=0,77462$ ).

As percentagens de erros de comissão e de erros de omissão são mostradas na Figura 8. É importante lembrar que o tempo de duração do alvo neste experimento foi de 5 ms. Em relação à percentagem de erros de comissão (Figura 8A), a ANOVA revelou a existência de efeito significativo em relação ao fator Validade da pista ( $F_{1,12}=18,046$ ,  $p=0,00113$ ). Diferentemente, não houve efeito significativo em relação à percentagem de erros de omissão ( $F_{1,12}=1,5091$ ,  $p=0,24282$ ) (Figura 8B). Em relação aos demais fatores a ANOVA revelou ausência de efeitos significantes.

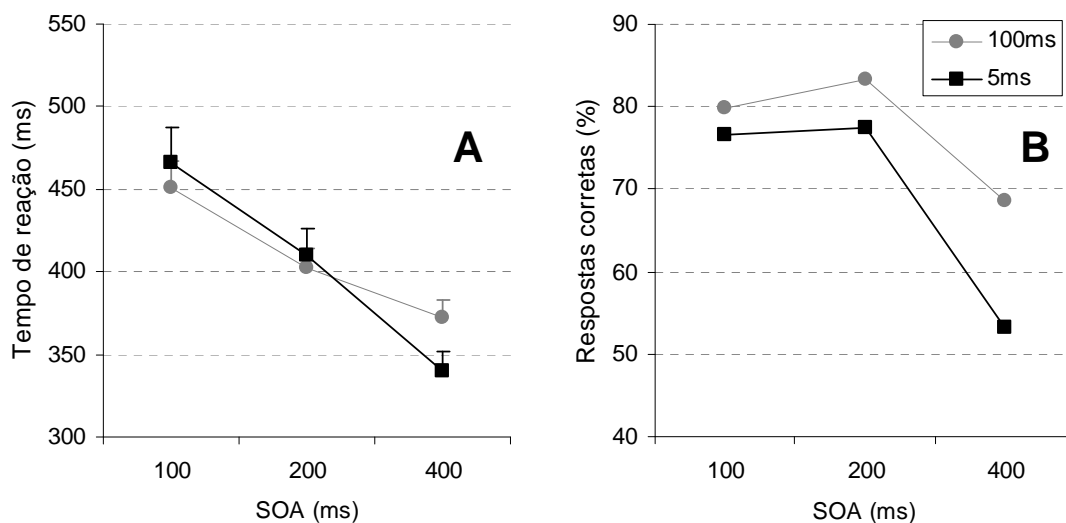


**Figura 8.** Percentagem de erros de comissão (A) e de erros de omissão (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms.

#### Efeito da duração do alvo: análise comparativa

A Figura 9 facilita a comparação dos tempos médios de reação (Figura 9A) e das percentagens de respostas corretas (Figura 9B) quando a duração do alvo foi 100 ms em relação a quando ela foi 5 ms. Em relação ao tempo de reação, a ANOVA revelou ausência de efeito significativo na comparação dos escores envolvendo o fator Duração do alvo ( $F_{1,12}=0,08090$ ,  $p=0,78093$ ). Porém, houve efeito significativo na interação entre os fatores Duração do alvo e SOA ( $F_{2,24}=7,5550$ ,  $p=0,00285$ ), sendo que o tempo de reação ao alvo de 100 ms é significativamente maior do que ao alvo de 5 ms ( $p=0,02085$ ) (Figura 9A).

Em relação à percentagem de respostas corretas, a ANOVA revelou a existência de efeitos significantes em relação ao fator Duração do alvo ( $F_{1,12}=7,8324$ ,  $p=0,01608$ ), e interação significativa entre os fatores Duração do alvo e SOA ( $F_{2,24}=6,5497$ ,  $p=0,00537$ ). A análise da Figura 7B revela que a percentagem de respostas corretas foi menor quando a duração do alvo foi de 5 ms em relação a 100 ms. Ademais, o teste post-hoc de Tukey revelou diferenças significantes em relação aos SOAs de 200 e 400 ms ( $p=0,038717$  e  $0,000142$ , respectivamente).



**Figura 9.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e percentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms ou de 100 ms.

## Discussão

Nesse experimento, observamos que há efeito de validade, para tempo de reação e acurácia, quando se utiliza pistas auditivas simbólicas, efeito esse mais evidente nos SOAs mais curtos. Adicionalmente, como geralmente observado nesse tipo de teste, o tempo de reação diminui quanto maior o SOA.

Diferenças no tempo de reação das tentativas com pistas válidas em relação a tentativas com pistas inválidas no teste de Posner (1980), com durações menores nas tentativas válidas, são tradicionalmente atribuídas aos benefícios gerados pelo engajamento atencional prévio ao local de apresentação do estímulo para tentativas válidas, associados aos prejuízos gerados pelo engajamento atencional prévio num local diferente daquele onde o alvo é apresentado para tentativas inválidas; neste último caso, haveria a necessidade de inibir o foco atencional presente e re-orientá-lo para um novo local. Em outras palavras, a apresentação de uma pista informativa permitiria que o organismo direcionasse a atenção para o provável local de aparecimento do alvo facilitando o processamento dessa informação e reduzindo o tempo de reação. Por outro lado, quando a pista é inválida há um custo que se

observa pelo aumento do tempo de reação (POSNER; SNYDER; DAVISON, 1980; POSNER, 1980).

Os resultados obtidos no presente estudo, em que pistas simbólicas auditivas foram utilizadas para informar aos ratos o provável local de aparecimento do estímulo alvo, tanto no Experimento 1A quanto no Experimento 1B, reproduzem esse feito, já que o tempo de reação na condição com pistas válidas é menor em relação ao tempo de reação na condição com pistas inválidas, mostrando em última análise que a validade da pista interfere no desempenho do animal. Dada a natureza simbólica da pista, o fato de que ela envolve uma modalidade distinta daquela utilizada para o alvo, e considerando ainda o contexto da literatura dessa área de estudos, esse efeito deveria ser interpretado como decorrente da orientação endógena da atenção.

Nesse contexto, é interessante ressaltar que o efeito de validade foi significativo apenas quando o SOA foi de 100 ms, tanto no Experimento 1A (envolvendo alvos com 100 ms de duração) quanto no Experimento 1B (envolvendo alvos com 5 ms de duração), lembrando que no caso do Experimento 1B houve um efeito de validade marginalmente significativo também quando o SOA foi de 200 ms. Em outras palavras, a ocorrência de efeitos de validade apenas quando os SOAs são relativamente curtos, mesmo considerando que se trata de uma pista de natureza central (simbólica), poderia estar sugerindo que este fenômeno esteja relacionado com a orientação “automática” da atenção. A literatura da área defende que a orientação automática da atenção é rápida, sendo seus efeitos revelados mesmo em SOAs curtos, ao passo que a orientação voluntária da atenção seria lenta, sendo seus efeitos revelados apenas em SOAs mais longos (e.g., MÜLLER; RABBITT, 1989).

Friezen e Kingstone (1998), contrariando parcela significativa da literatura sobre o curso temporal dos efeitos de pistas simbólicas, mostraram que estímulos centrais biologicamente significativos (e.g., direção do olhar de um co-específico) ou estímulos centrais socialmente/culturalmente significativos (e.g., setas apontando numa dada direção) promovem o direcionamento automático da atenção, independente da pista ser ou não informativa, da mesma forma como o fazem pistas periféricas. Esses efeitos surgem mesmo com SOAs tão curtos quanto 105 ms.

Marote e Xavier (2011) em estudos envolvendo ratos expostos a uma tarefa similar, porém, envolvendo pistas periféricas visuais informativas e não informativas, mostraram a existência de efeito de validade para SOAs de 200 e 400 ms tanto para pistas preditivas como para pistas não preditivas. Mais interessante, em SOAs de 800 ms o efeito de validade foi maior quando do uso de pistas preditivas em relação ao uso de pistas não preditivas. Esses autores mostraram ainda que a quantidade de erros de omissão é significativamente maior na condição preditiva em relação à condição não-preditiva, efeito este que está relacionado com o treinamento com pistas preditivas. Esses resultados foram interpretados como evidência do engajamento endógeno da atenção em ratos quando do uso de pistas preditivas. Apesar da diferença referente à natureza da pista utilizada no presente trabalho (central auditiva) em relação ao trabalho desses autores (visual periférica), parece improvável que haja diferenças comportamentais decorrentes apenas em função dos diferentes estímulos, luz ou som, empregados.

A ocorrência, no presente conjunto de experimentos, do efeito de validade restrita aos SOAs menores pode estar relacionada com a ocorrência de condicionamento decorrente do pareamento frequente entre uma determinada pista e seu correspondente alvo. Isto é, no caso das pistas válidas, a frequência desse pareamento é de 80% das vezes, ao passo que no caso das tentativas inválidas a frequência do pareamento é de 20%. Sabe-se que maior quantidade/frequência de pareamentos resulta numa melhor associação entre dois estímulos (RESCORLA, 1968). Assim, a apresentação de uma pista válida poderia eliciar a atividade nervosa correspondente ao alvo com o qual a mesma foi previamente pareada mais prontamente em decorrência da maior frequência de pareamentos prévios. Esse mesmo tipo de raciocínio pode ser aplicado aos resultados de estudos envolvendo pistas centrais ou mesmo periféricas, em seres humanos.

Marote e Xavier (2011) descartaram essa possibilidade de interpretação em relação aos seus resultados, uma vez que, se houvesse um efeito de frequência associado à duração do intervalo entre a apresentação da pista e do alvo, eles deveriam ter observado efeitos de validade de maior magnitude nos SOAs menores em relação aos SOAs maiores. Ao contrário disso, esses autores observaram maior magnitude do efeito de validade exatamente quando o intervalo entre a pista e o alvo foi maior. Porém, diferentemente do estudo de Marote e Xavier (2011), o presente

conjunto de resultados não permite descartar a possibilidade de que haja um efeito de frequência associado ao intervalo de tempo no pareamento dos dois estímulos.

Diante de discrepância similar envolvendo a comparação entre resultados de estudos com seres humanos em relação estudos com macacos, Bowman et al. (1993) observou, numa tarefa com pistas periféricas, efeito de validade no SOA de 100ms, mas não nos SOAs de 400 ou 700ms. Além disso, esses autores aplicaram a tarefa utilizando pistas simbólicas e observaram que o efeito de validade era maior do o observado com pistas periféricas, no SOA de 100ms.

Nesse contexto, uma possível explicação para as diferenças entre os resultados do presente estudo com aqueles de Marote e Xavier (2011) pode estar relacionada com a quantidade de treinamento a que os animais foram expostos. No presente estudo, foram 4 sessões de teste com 1 sessão de treino precedendo cada uma dessas sessões, ao passo que no estudo de Marote e Xavier (2011) envolveram 10 sessões de teste e média de 23 sessões de treino. Pode-se hipotetizar que quando a quantidade de treino é pequena, o pareamento entre pista e alvo geraria efeitos decorrentes da aquisição implícita da associação (condicionamento clássico), levando a uma resposta automática. Com o prolongamento do treinamento, o animal poderia detectar “explicitamente” essa relação, passando a utilizá-la para gerar expectativas da ocorrência do alvo, levando assim a efeitos detectáveis em SOAs maiores. O presente conjunto de resultados não permite avaliar essas possibilidades de modo que mais estudos seriam necessários para avaliar essa interpretação.

Diferentemente dos trabalhos de, por exemplo, Ward e Brown (1997) e Marote e Xavier (2011), no qual foram realizadas 10 sessões de teste, os dados aqui apresentados correspondem a apenas 2 sessões de teste com cada duração de alvo. É possível que o aumento na quantidade de treino dos animais levasse ao surgimento de efeito de validade em SOAs maiores.

A mais provável diferença entre uma tarefa com pista visual e uma com pista sonora, sendo ambas com alvos visuais, é a clara distinção entre o que é a pista e o estímulo-alvo ao qual se deve responder. A apresentação de dois estímulos visuais no mesmo local requer que o animal aprenda adicionalmente a responder ao segundo estímulo, “ignorando” o primeiro estímulo (pista) ao passo que numa condição com pista sonora esse tipo de ambiguidade inexistente. O efeito imediato

dessa diferença é a quantidade de treino requerida para o animal executar corretamente a tarefa (menor quando se usa pista sonora), já que na condição com pistas visuais, os animais podem responder à pista que é semelhante ao estímulo alvo.

Os resultados do presente estudo (experimento 1B) mostraram que a quantidade relativa de respostas corretas é menor quando a pista é inválida. Esses resultados confirmariam observações anteriores de Marote e Xavier (2011) envolvendo ratos expostos a pistas periféricas, interpretados como evidência de efeito atencional. Isto é, esses autores mostraram que ao orientarem sua atenção para um local distinto de onde o alvo aparece, o que ocorre nas tentativas com pistas inválidas, há um aumento no número de erros de omissão, o que foi interpretado como evidência adicional de orientação da atenção endógena. No Experimento 1A do presente estudo não houve alterações significantes na quantidade de erros de comissão ou de omissão. Os demais tipos de erros, classificados genericamente como erros de antecipação, correspondem a respostas anteriores à apresentação do alvo. Portanto, o efeito marginalmente significativo mencionado acima referente à redução na percentagem de respostas corretas nas tentativas inválidas decorrem, provavelmente, de erros de antecipação que, portanto, não podem ser atribuídos aos efeitos da orientação prévia da atenção em decorrência da apresentação da pista.

Em outras palavras, efeitos de validade envolvendo erros podem ser atribuídos a fatores atencionais apenas se o tipo de erro for de omissão nas tentativas inválidas, em que os animais, supostamente, não detectam o alvo deixando, assim, de responder, em decorrência da orientação (inválida) da atenção para um local distinto daquele onde o alvo é apresentado.

A redução da duração do alvo com conseqüente aumento da dificuldade para detectá-lo, levaria a um aumento na quantidade de erros. De fato isso foi observado no presente estudo. Porém, diferentemente do esperado, esse aumento não ocorreu em relação aos erros de omissão e sim em relação aos erros de comissão. Uma possibilidade para explicar esse resultado aparentemente inesperado é que o tempo durante o qual o animal poderia ter respondido foi relativamente grande, i.e., 1000 ms. Assim, como os SOAs utilizados foram iguais ou menores do que esse limite, é possível supor que ao serem expostos a uma pista inválida os animais não tenham

detectado o alvo, dado que sua atenção teria sido orientada para um setor do espaço distinto de onde o alvo foi apresentado, mas que tenham emitido a resposta assim que tenha decorrido o intervalo de tempo correspondente ao do SOA máximo (400 ms) mais o limite inferior mínimo estabelecido para a emissão da resposta após a apresentação do alvo (80 ms). Neste caso, como na maioria das tentativas (80% das vezes) a pista indica corretamente o local de apresentação do alvo, os animais emitem a resposta para o local sinalizado pela pista, mesmo não tendo detectado o alvo. Isso levaria ao observado aumento na quantidade de erros de comissão, como observado. Em outras palavras, ao não terem detectado o alvo em decorrência da apresentação de uma pista inválida, tendo decorrido o SOA de maior duração, os animais emitem a resposta direcionada ao local sinalizado pela pista, pois na maioria das tentativas da tarefa essa é a resposta que mais provavelmente leva à resposta correta. Esse mesmo raciocínio não se aplica quando a pista sinaliza corretamente o local de apresentação do alvo. Neste caso, como a atenção foi orientada para o local onde o alvo foi efetivamente apresentado, a pista é detectada e, portanto, não há aumento no número de erros de comissão.

Nesse contexto, parece necessário admitir que a tarefa comportamental utilizada no presente estudo não permite distinguir satisfatoriamente os efeitos da orientação da atenção sobre esses diferentes tipos de erros. Isto é, quando a duração do alvo é relativamente curta, o que, per se, deve aumentar a demanda atencional, a tarefa não permitiu distinguir os efeitos da orientação da atenção expressos por meio do aumento da quantidade de erros de omissão daqueles expressos por meio do aumento da quantidade de erros de comissão, gerando dúvidas sobre os fatores subjacentes ao aumento desses tipos de erro. Provavelmente, a inclusão de certa percentagem de tentativas do tipo “catch” (“pegadas”), em que o alvo não é apresentado e o animal é reforçado por manter o focinho no buraco central por tempo bem superior ao do SOA de maior duração, ajudasse a evitar essa dificuldade de interpretação, pois não haveria um viés de treinamento prévio no sentido de que sempre se emite uma resposta, independentemente de haver ou não a detecção de um alvo.

O efeito da redução da intensidade do alvo é bastante claro, mas há ressalvas quando se pretende avaliar o efeito de validade na capacidade perceptual. Os dados corroboram com a ideia de que há direcionamento atencional e facilitação na



identificação do alvo precedido por pista válida, e dificuldade na identificação do alvo precedido por pista inválida, fazendo com que os ratos acertem mais o local de apresentação do alvo quando a pista é válida.

É importante ressaltar que o aumento da quantidade de erros de comissão não implica em qualquer efeito sobre os tempos de reação, como se poderia argumentar (poder-se-ia pensar que com o aumento nos erros de comissão, sem aumento na quantidade de erros de omissão, levaria, indiretamente, a um aumento no tempo de reação). Ressalte-se, porém, que essas respostas, exatamente por envolverem erros, não são incluídas no cálculo dos tempos de reação, que envolvem apenas tentativas cujas respostas foram corretas.

De acordo com Bashinsk (1980), a atenção pode aumentar a capacidade de identificar estímulos quando sua intensidade está próxima do limiar de percepção. No Experimento 1A a duração do estímulo alvo foi de 100 ms. Já no Experimento 1b a duração do estímulo alvo foi de 5 ms. Essa redução na duração do estímulo alvo foi suficiente para reduzir o desempenho dos animais em relação à identificação do local de apresentação do alvo. Isto é, houve um aumento no número de erros. Ainda assim, mesmo com essa redução na duração do alvo, o estímulo esteve acima do limiar de percepção dos ratos, já que o número de acertos permanece consideravelmente elevado.

Supostamente, a redução do tempo de apresentação do alvo aumentaria a dificuldade de localização do mesmo; nesse caso, a diferença entre uma pista válida e uma pista inválida poderia ser decisiva para que o animal respondesse corretamente ao local e dentro do intervalo de tempo disponível para a resposta. Com isso esperava-se aumentar a eficiência da tarefa em revelar possíveis efeitos relacionados com a orientação da atenção, aumentando assim a magnitude do efeito de validade.

No entanto, comparando-se os tempos de reação nos Experimentos 1A e 1B observa-se ausência de diferenças significantes em relação aos efeitos de validade, contrariamente ao que seria esperado com base no raciocínio desenvolvido acima. Esse resultado confirma observação anterior de Hughes (1984) envolvendo seres humanos no sentido de que a diminuição da intensidade do alvo embora leve a um aumento no tempo de reação geral, não altera a magnitude do efeito de validade.

## **EXPERIMENTO 2: Que processos de aprendizagem estariam envolvidos na formação da relação pista-alvo?**

Os resultados do Experimento 1 sugerem que uma pista de natureza simbólica, como a empregada, produz efeito de validade mesmo com SOAs relativamente pequenos (100 ms).

Esse resultado pode ser interpretado de pelo menos duas maneiras. Uma delas é que a resposta emitida pelos animais à apresentação da pista seria um reflexo de um efeito de frequência envolvendo o pareamento da atividade nervosa gerada pela pista com a atividade nervosa gerada pelo alvo. Em outras palavras, dada a apresentação contingente entre pista e alvo numa frequência relativamente elevada (80%) durante o treinamento dos animais, surgiria uma associação entre a atividade nervosa gerada pela apresentação da pista com aquela gerada pela apresentação do alvo. Depois de estabelecida essa associação (Pavloviana), a mera apresentação da pista já seria suficiente para eliciar a atividade nervosa correspondente ao alvo, antecipatoriamente à sua apresentação. Isso permitiria explicar a redução do tempo de reação nas tentativas válidas e aumento no tempo de reação nas tentativas inválidas. Neste último caso, como a frequência de pareamentos foi relativamente pequena (20%), a força da associação seria relativamente menor, resultando numa menor redução do tempo de reação quando da apresentação da pista (inválida). Em favor desta linha de argumentação, observa-se que quanto menor o SOA, maior o efeito de validade. Em outras palavras, quanto menor o intervalo de tempo entre a apresentação da pista e do alvo, maior a associação e, portanto, maior a redução do tempo de reação quando da apresentação da pista. Um corolário dessa interpretação é que o efeito de validade não estaria relacionado com orientação endógena da atenção, mesmo que tenha sido utilizada uma pista simbólica, mas que esse efeito seria decorrente da mera associação prévia entre a pista e o alvo pela sua apresentação contingente. Note que esta interpretação também é aplicável aos resultados de estudos envolvendo seres humanos. Alternativamente, pode-se interpretar o conjunto de resultados descritos no Experimento 1 como evidência de que o curso temporal dos processos de orientação endógena da atenção em ratos seria mais curto do que aquele observado para seres humanos.

É interessante notar que essas mesmas possibilidades de interpretação aplicam-se aos resultados de Bowman et al. (1993) mostrando que o treinamento prolongado de macacos numa tarefa de atenção encoberta com o uso de pistas simbólicas resulta em efeito de validade mesmo com SOAs da ordem de 100 ms.

Diferentemente dos resultados do Experimento 1, Marote e Xavier (2011) observaram efeito de validade significativamente aumentado quando do uso de pistas preditivas envolvendo o SOA de 800 ms, mas não envolvendo o SOA de 200 ou 400 ms. Esse resultado permitiu descartar a possibilidade de que os efeitos de validade tivessem relação estrita com o efeito de frequência do pareamento entre pista e alvo, pois a mesma frequência de pareamentos foi utilizada nos diferentes SOAs ao passo que o efeito de validade aumentado na condição de pistas preditivas esteve presente apenas quando o SOA foi 800 ms. Assim, é plausível pensar que o resultado do Experimento 1 também envolva um componente de orientação endógena da atenção.

Os ratos aprendem a associar a pista ao local de aparecimento do alvo de forma relativamente rápida (observações qualitativas sugerem que isso ocorre já na primeira sessão de pareamentos entre a pista e o alvo, quando a pista sinaliza corretamente o local de aparecimento do alvo em 100% das tentativas. A rapidez com que se dá a aprendizagem divide os sistemas de memória em dois grupos: basicamente memória explícita e implícita. Na primeira, ocorre de forma rápida, sendo, muitas vezes, necessário apenas um único contato com a nova informação para promover o aprendizado, além disso, o uso dessa informação pode ser bastante flexível, sendo usado em diferentes contextos. No segundo tipo de memória, a aprendizagem ocorre de forma lenta e gradual, além disso, o acesso a essa informação geralmente se restringe ao contexto ao qual ela foi aprendida (SQUIRE, 1992).

Talvez o curso temporal de aparecimento do efeito de validade seja informativo acerca de seus processos subjacentes. Isto é, se a associação se dá de forma gradual isso pode implicar na ocorrência de processos de condicionamento pelo pareamento entre pista e alvo. Diferentemente, se a associação ocorre após poucos pareamentos, sendo de natureza mais flexível, isso poderia sugerir que o fenômeno está baseado num processo de natureza cognitiva, podendo envolver orientação voluntária da atenção.

Uma forma de avaliar preliminarmente essa possibilidade seria inverter as contingências estabelecidas ao longo do treinamento e avaliar o impacto dessa inversão no curso temporal do (re)surgimento do efeito de validade após a inversão. Isto é, primeiramente realizar um treinamento prolongado dos animais, digamos, com pista de 1 KHz associada a alvo à esquerda e pista de 5 KHz associada a alvo à direita, até que se obtivesse o efeito de validade. Então, inverter as contingências entre a pista e o alvo de modo que a pista de 1 KHz passaria a sinalizar um alvo à direita ao passo que uma pista de 5 KHz passaria a sinalizar um alvo à esquerda, com prosseguimento do treinamento até o (re)estabelecimento do efeito de validade na nova condição.

## **Procedimentos**

Os treze ratos envolvidos no Experimento 1 mais 5 novos ratos foram utilizados nesse experimento totalizando 18 animais. Foram utilizados os mesmos parâmetros do Experimento 1A, inclusive os valores de SOA, i.e., 100, 200 e 400 ms.

Antes da primeira sessão de testes foi realizada uma sessão de treino envolvendo 100% de tentativas válidas (portanto, zero% de tentativas inválidas. Os animais previamente utilizados no Experimento 1, naturalmente, já haviam sido expostos às pistas, mas os novos animais foram treinados na condição com pista apenas por uma sessão, já que, como observado qualitativamente no Experimento 1, isso seria suficiente para ocorrer aprendizagem.

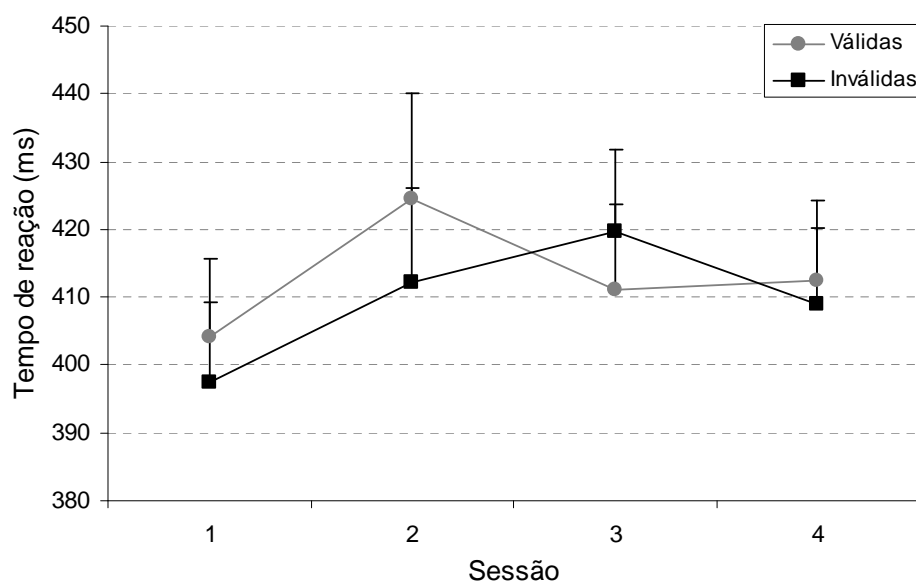
Após o treino com pista na proporção 100-0 (válidas e inválidas, respectivamente), foram realizadas 4 sessões de teste com probabilidade de 20-80 (válidas e inválidas). Nenhuma sessão de treino envolvendo 100% de tentativas válidas e 0% de tentativas inválidas de forma intercalada entre as sessões de teste foi realizada, diferentemente do Experimento 1.

Todos os demais procedimentos seguiram as descrições apresentadas no Experimento 1.

## Resultados

### Tempo de reação

A Figura 10 mostra a média dos tempos de reação nas condições válida e inválida nas quatro sessões que se seguiram à inversão da pista, sem distinguir os SOAs. Como esperado, imediatamente após a inversão observa-se que os tempos de reação na condição inválida são menores do que aqueles observados na condição válida. Porém, à medida que as sessões se sucedem, esse efeito se dissipa, indicando que o animal foi sensível à nova contingência entre a pista e o alvo. A ANOVA envolvendo os tempos de reação após a inversão da pista revelou ausência de efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=1,3956$ ,  $p=,25372$ ); porém, foi observado efeito próximo de significativo na interação entre os fatores Sessão x Validade ( $F_{3,51}=2,4086$ ,  $p=0,07777$ ). A ANOVA revelou ainda ausência de efeito significativo na interação entre Sessão, SOA e Validade.



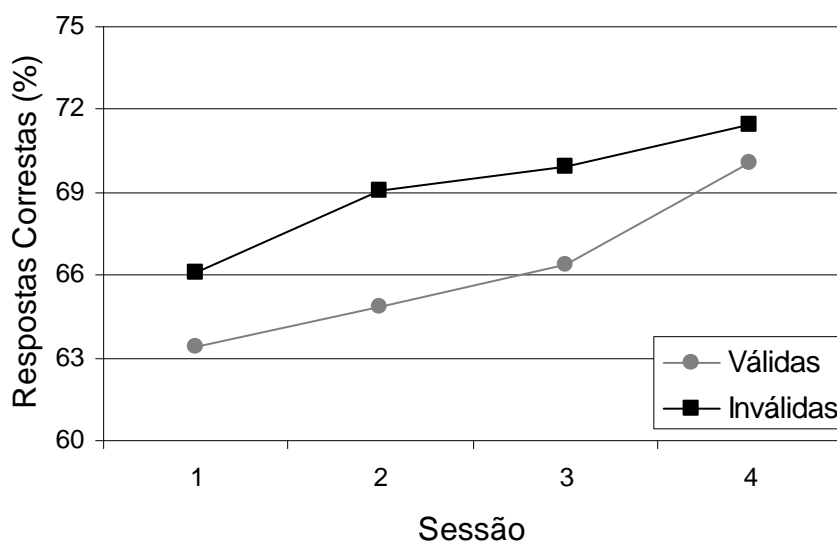
**Figura 10.** Tempos de reação nas condições válida e inválida ao longo das quatro sessões iniciais após a inversão da pista.

Esse mesmo conjunto de resultados foi submetido a uma ANOVA separando as 4 sessões iniciais após a inversão da pista em dois blocos, o primeiro incluindo as duas primeiras sessões e o segundo incluindo as duas sessões finais. Essa análise

revelou uma interação significativa entre os fatores Bloco e Validade ( $F_{1,17}=4,8425$ ,  $p=0,04188$ ).

#### Acurácia

Em relação à percentagem de respostas corretas após a inversão da pista, a ANOVA revelou quantidade significativamente menor de respostas corretas nas tentativas válidas em relação às inválidas ( $F_{1,17}=13,035$ ,  $p=0,00216$ ) (Figura 11), e também ausência de interação significativa envolvendo Validade e Sessão ( $F_{3,51}=,77949$ ,  $p=0,51088$ ). Em outras palavras, não parece ter havido qualquer tendência a alterações no padrão de resposta ao longo das quatro sessões (Figura 11).

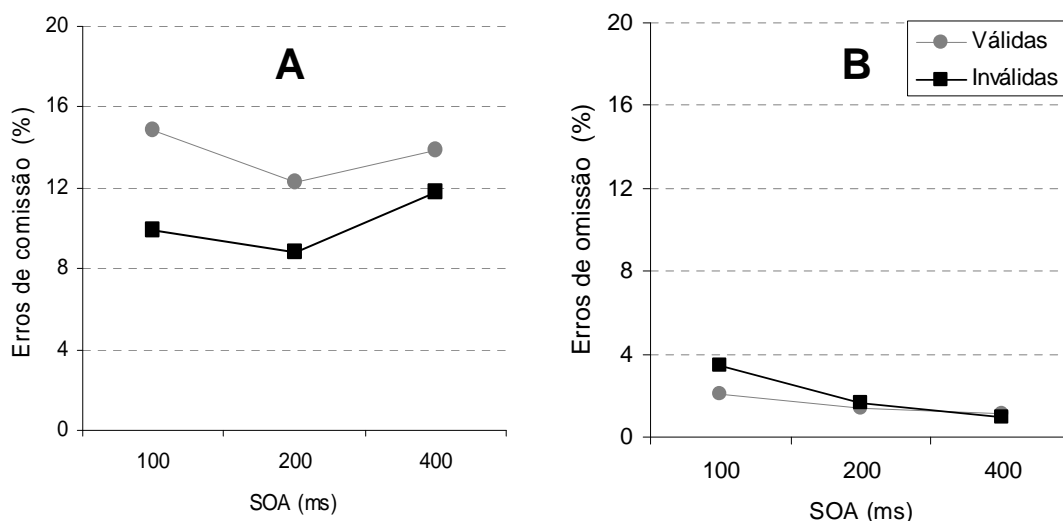


**Figura 11.** Percentagem de respostas corretas nas 4 sessões que se seguiram à inversão da pista.

Por outro lado, a ANOVA revelou um aumento na percentagem de respostas corretas ao longo das sessões (Figura 11) ( $F_{3,51}=4,6764$ ,  $p=0,00582$ ) indicando que logo após a inversão de pista o desempenho geral ficou prejudicado mas melhorou a medida que foram realizadas sessões sucessivas de treino na nova contingência entre pista e alvo.

A ANOVA envolvendo a percentagem de erros de comissão e, separadamente, de omissão (Figura 12) revelou efeito significativo do fator Validade em relação ao primeiro ( $F_{1,17}=59,777$ ,  $p=0,00000$ ), mas não em relação ao segundo

( $F_{1,17}=1,9447$ ,  $p=0,18111$ ). A ANOVA revelou ainda um efeito significativo envolvendo a interação entre os fatores SOA e Validade ( $F_{2,34}=4,3046$ ,  $p=0,02156$ ).



**Figura 12.** Porcentagem de erros de comissão (A) e de omissão (B) em função do SOA (média das quatro sessões).

## Discussão

Os resultados do presente experimento, envolvendo a inversão de contingências entre pista e alvo, mostrou que a realização de apenas duas sessões de testes na nova contingência foram suficientes para levar a uma completa extinção da contingência anteriormente estabelecida. Por outro lado, a realização de apenas quatro sessões de teste não levou ao estabelecimento de uma nova associação entre a pista e alvo agora apresentados contingentemente, sugerindo que não houve aquisição dessa nova relação seguindo curso temporal similar àquele observado quando do pareamento inicial entre pista e alvo, sem quaisquer pareamentos prévios (ver resultados do Experimento 1).

O pressuposto do presente experimento foi que o curso temporal da reaquisição do efeito de validade após a inversão de contingência entre pista e alvo permitiria avaliar a natureza do processo envolvido no surgimento do efeito de validade. Isto é, se houvesse uma reversão imediata do efeito de validade (digamos, após apenas uma sessão) isso indicaria a ocorrência de processos de aprendizagem flexível, adquiridos em poucas tentativas, similar àqueles que

envolvem memória explícita em seres humanos. No extremo oposto, a manutenção, por diversas sessões, do efeito de validade anteriormente estabelecido, com tempos de reação mais rápidos nas tentativas agora inválidas, indicaria o envolvimento de processos de aprendizagem menos flexíveis, de aquisição gradual e por treinamento repetitivo, similares àqueles envolvidos na memória implícita, o que inclui o condicionamento clássico. No contexto do presente conjunto de resultados, parece prematuro decidir entre essas alternativas, pois os resultados observados exibiram um padrão intermediário entre esses dois extremos.

Um aspecto que merece consideração e que pode, em parte, explicar esse “efeito intermediário” envolve a proporção entre pistas válidas e inválidas. Isto é, enquanto no Experimento 1 os animais foram inicialmente expostos ao treinamento com uma proporção de 100:0 de pistas válidas e inválidas, respectivamente, tornando a relação pista-alvo inequívoca no presente experimento essa proporção foi de 80:20 tornando a associação pista-alvo menos inequívoca. Somado ao fato de que quando introduzidos no presente experimento os animais tinham um histórico de treinamento prévio envolvendo uma associação distinta entre os mesmos estímulos (Experimento 1), essa proporção de apenas 80:20, em contraposição a 100:0, pode ter também lentificado o processo de aquisição da nova contingência. Assim, parece prematuro favorecer uma das possíveis interpretações apresentadas acima relativas aos processos subjacentes ao desempenho observado.

A acurácia da resposta dos animais não foi alterada pela inversão de contingências entre pista e alvo. Os resultados sugerem que os animais mantiveram a expectativa do local de apresentação do alvo baseado nas experiências anteriores ao presente experimento, ao longo das 4 sessões pós-inversão, sem sequer se definir uma tendência de desaparecimento do efeito de validade. Esse resultado sugere que o processo de reaprendizagem da relação pista-alvo é lento, favorecendo interpretações de que os processos subjacentes a essa resposta envolveriam aquisição gradual e lenta por treinamento repetitivo, assemelhando-se a processos de aprendizagem implícita.

Parte importante do prejuízo dos animais no desempenho da tarefa parece estar relacionada com um aumento na quantidade de erros de comissão, em que os animais respondem ao lado oposto em relação àquele em que o alvo foi apresentado, quando a pista é válida. Diferentemente do experimento anterior, no



presente experimento o efeito de validade envolvendo erros de comissão ocorre de forma dissociada em relação ao efeito envolvendo tempo de reação. Isso é uma importante evidência de que o efeito de validade para tempo de reação não é produto de respostas incorretas.

Mesmo que o resultado observado possa ser explicado de forma razoavelmente simples, como seleção de ação baseada na informação fornecida pela pista, o efeito de validade apenas para erro de comissão é enigmático. Seria esperado que a preparação motora resultasse em diferentes tempos de reação, já que naturalmente uma resposta previamente planejada é mais rápida em relação a uma resposta sem preparo prévio.

Nos experimentos apresentados até o momento (Experimentos 1A, 1B e 2), observamos combinações distintas de efeito de validade envolvendo tempo de reação e acurácia. Basicamente efeito de validade para tempo de reação no experimento 1A, efeito de validade para tempo de reação e acurácia no experimento 1B e apenas efeito de validade para acurácia no experimento 2. Apesar da origem desses efeitos não estar muito clara, é possível que ao menos parte dela esteja relacionada com os relativamente reduzidos SOAs utilizados. Parece interessante manipular essa variável.

### **EXPERIMENTO 3: Efeito atencional em SOAs longos.**

Em estudos envolvendo orientação encoberta da atenção em seres humanos, o uso de pistas preditivas simbólicas implica no envolvimento de processos de orientação endógena da atenção (ver Luck e Vecera, 2002). A tentativa de desenvolver um teste análogo para ratos, envolvendo pistas preditivas de natureza simbólica, pressupõe que esse tipo de processo seria possível nesses animais. De fato, Marote e Xavier (2011) descreveram evidências de que ratos são capazes de orientar a atenção endogenamente. Em relação aos tempos de reação, esse fenômeno foi observado quando o SOA foi de 800 ms, ao passo que em relação à quantidade de erros de omissão, esse fenômeno foi observado em SOAs menores.

Os experimentos descritos acima representaram tentativas de avaliar em que extensão ratos seriam capazes de orientar a atenção de maneira análoga à orientação endógena da atenção em humanos. Os resultados revelando efeito de validade para SOAs curtos (100 ms) são relativamente surpreendentes, dado que se considera que esse intervalo é relativamente curto para que fosse possível mobilizar processos endógenos de orientação da atenção. Por outro lado, considerando a natureza da pista, que é simbólica, não existe a possibilidade de que esses resultados estejam relacionados com processos de orientação exógena da atenção. Adicionalmente, resultados análogos foram descritos com macacos Bowman et al. (1993), que, de forma inesperada, observou que o efeito de validade com pistas simbólicas no SOA de 100ms era maior do que o efeito de validade produzido por pistas periféricas.

O presente experimento representa uma tentativa de avaliar a ocorrência de efeito de validade com o uso de pistas preditivas simbólicas, associadas também a SOAs mais longos que se mostraram efetivos em outros estudos envolvendo orientação encoberta da atenção (e.g., MAROTE; XAVIER, 2011; WARD et al. 1998). Assim, aumentamos o número de sessões de treino e também mudamos os SOAs para 100, 400 e 700 ms.

## Procedimento

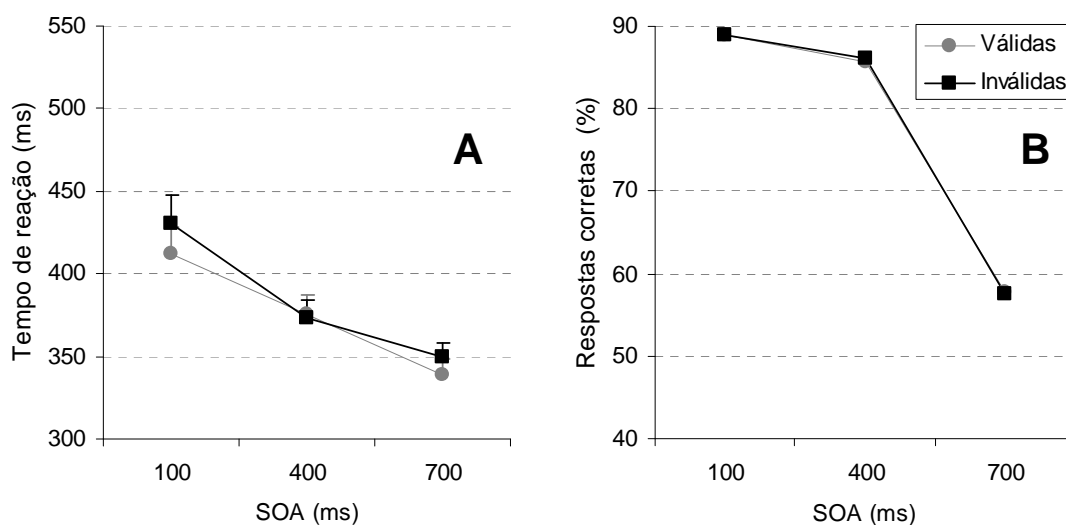
Os procedimentos foram os mesmos descritos nos experimentos anteriores. Os 18 animais utilizados no Experimento 2 foram testados no presente experimento, sendo que os SOAs foram de 100, 400 e 700 ms. Foram realizadas 5 sessões de treino (100-0) antes do início do teste. Também a duração do alvo foi manipulada. Em 5 sessões a duração do alvo foi de 100 ms, ao passo que em 2 sessões a duração do alvo foi de 5 ms.

Analizamos os possíveis efeitos decorrentes do tempo de apresentação do alvo. Para isso utilizamos os dados das duas sessões finais do experimento 3A e as duas sessões do experimento 3B.

## Resultados

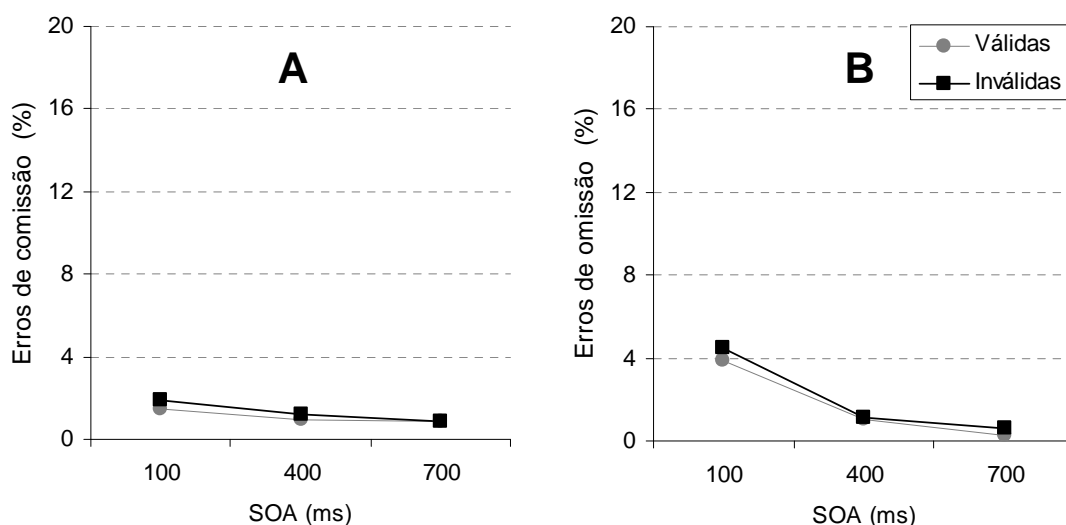
### Experimento 3A (alvo com duração de 100 ms)

Os resultados são apresentados na Figura 13. Em relação aos tempos de reação, a ANOVA revelou a existência de efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=14,191$ ,  $p=0,00154$ ). A ANOVA revelou ainda efeito significativo na interação entre os fatores SOA e Validade ( $F_{2,34}=11,475$ ,  $p=0,00016$ ). O teste post-hoc (de Tukey) mostrou diferenças significantes entre os tempos de reação nas diferentes condições de validade nos SOAs de 100 ms ( $p=0,000143$ ) e de 700 ms ( $p=0,000143$ ). Em relação à percentagem de respostas corretas, a ANOVA revelou ausência de efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=2,1558$ ,  $p=0,16029$ ), SOA ( $F_{2,34}=169,29$ ,  $p=0,00001$ ) e em relação à interação entre os fatores SOA e Validade ( $F_{2,34}=0,66731$ ,  $p=0,51968$ ).



**Figura 13.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e percentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 100 ms.

A ANOVA revelou ausência de efeitos significantes em relação ao fator Validade tanto para os erros de comissão ( $F_{1,17}=0,00185$ ,  $p=0,96617$ ) como para erros de omissão ( $F_{1,17}=0,58885$ ,  $p=0,45339$ ) (Figura 14). Diferentemente, a ANOVA revelou efeito significativo do fator SOA em relação a erros de comissão ( $F_{2,34}=3,3835$ ,  $p=0,04570$ ) e em relação a erros omissão ( $F_{2,34}=72,343$ ,  $p=0,000001$ ) (Figura 14).

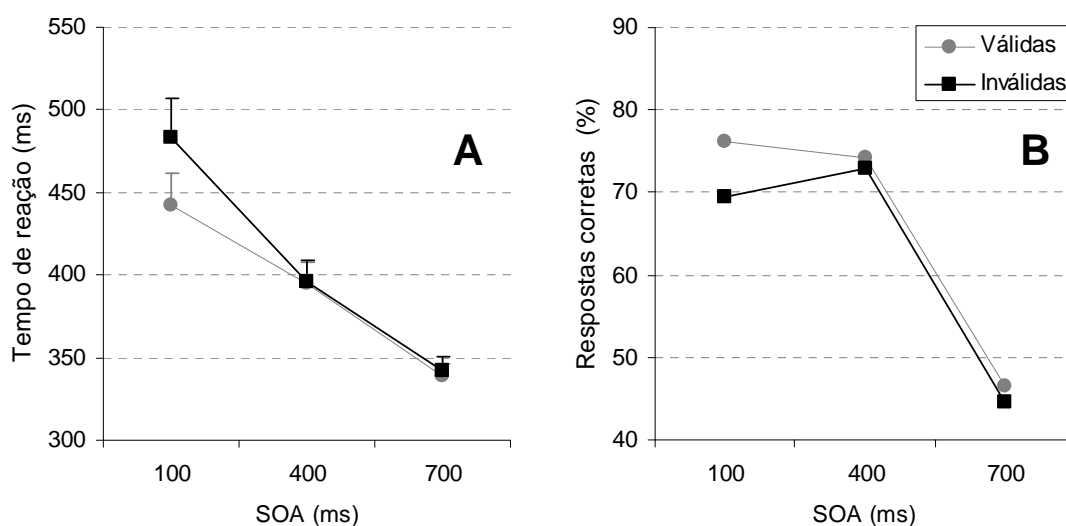


**Figura 14.** Percentagem de erros de comissão (A) e de erros de omissão (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 100 ms.

Experimento 3B (alvo com duração de 5 ms)

Os resultados são apresentados na Figura 15. Em relação aos tempos de reação (Figura 15A), a ANOVA revelou a existência de efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=10,241$ ,  $p=0,00525$ ) e efeito significativo na interação entre os fatores SOA e Validade ( $F_{2,34}=8,9159$ ,  $p=,00077$ ). O teste post-hoc (de Tukey) indicou a existência de diferença significativa em relação ao fator Validade no SOA de 100 ms ( $p= 0,001611$ ).

Em relação à percentagem de respostas corretas (Figura 15B), a ANOVA revelou a existência de efeito significativo para o fator Validade ( $F_{1,17}=6,5790$ ,  $p=0,02008$ ), SOA ( $F_{2,34}=130,80$ ,  $p=0,000001$ ) e ausência de efeito significativo em relação à interação entre SOA e Validade ( $F_{2,34}=1,7653$ ,  $p=0,18647$ ).

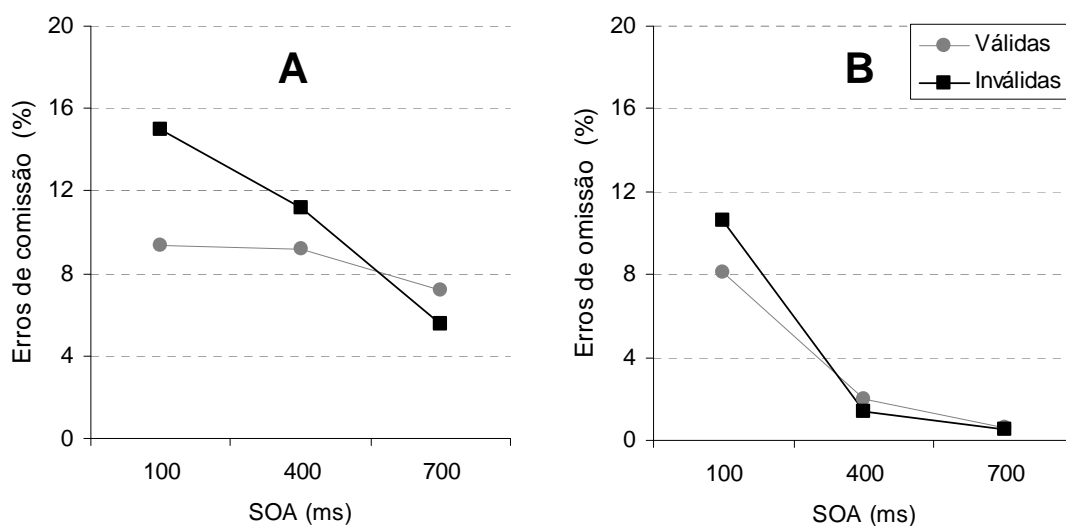


**Figura 15.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e percentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms.

Quanto aos erros de comissão (Figura 16A), a ANOVA revelou efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=7,6255$ ,  $p=0,01334$ ), SOA

( $F_{2,34}=17,569$ ,  $p=0,00001$ ) e interação significativa em relação aos fatores SOA e Validade ( $F_{2,34}=8,1806$ ,  $p=0,00126$ ); o teste post-hoc (de Tukey) indicou diferença significativa relativa à Validade apenas no SOA de 100 ms ( $p=0,005990$ ).

Quanto aos erros de omissão (Figura 16, painel da direita), a ANOVA revelou ausência de efeito significativo em relação ao fator Validade ( $F_{1,17}=0,04201$ ,  $p=0,84004$ ) e existência de efeito significativo em relação ao fator SOA ( $F_{2,34}=131,51$ ,  $p=0,000001$ ).



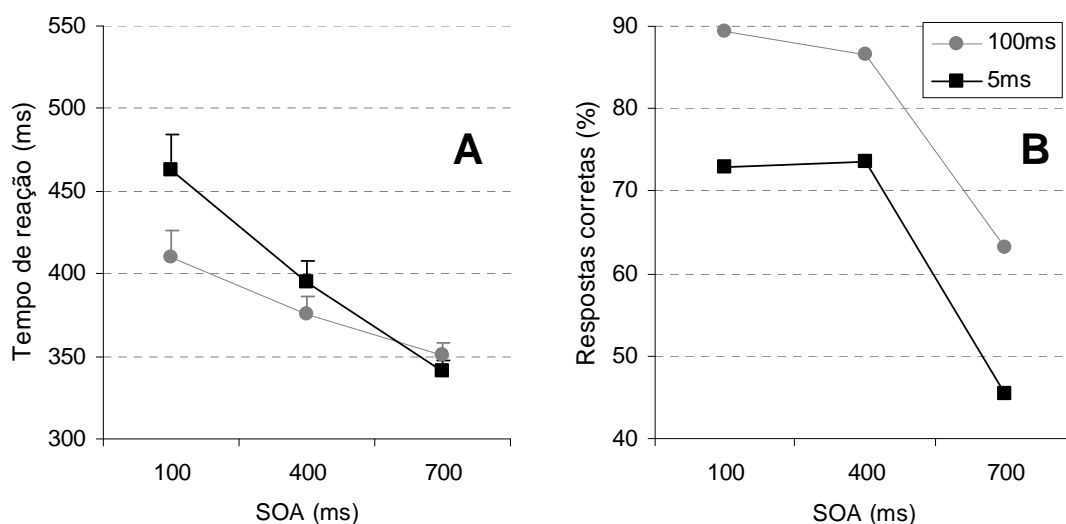
**Figura 16.** Percentagem de erros de comissão (A) e de erros de omissão (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms.

#### Efeito da duração do alvo (100 ou 5 ms)

A magnitude do efeito de validade expresso nos tempos de reação não revelou efeito significativo em relação ao fator Duração do alvo ( $F_{1,17}=0,30918$ ,  $p=0,58543$ ); por outro lado, houve efeito significativo da Duração do alvo na percentagem de respostas corretas ( $F_{1,17}=8,4615$ ,  $p=0,00978$ ).

A ANOVA revelou, como esperado, que o tempo de reação (Figura 17A) é menor quando a Duração do alvo foi de 100 ms ( $F_{1,17}=22,460$ ,  $p=0,00019$ ), efeito significativo em relação ao fator SOA ( $F_{2,34}=13,197$ ,  $p=0,00006$ ), e efeito significativo na interação entre Duração do alvo e SOA.

Quanto a porcentagem de respostas corretas (Figura 17, painel direito), a ANOVA revelou efeitos significantes em relação à Duração do alvo ( $F_{1,17}=71,305$ ,  $p=0,000001$ ) e em relação à Duração do alvo e SOA ( $F_{2,34}=3,3580$ ,  $p=0,04668$ ).



**Figura 17.** Média das medianas dos tempos de reação (+ E.P.M.) (A) e porcentagem de respostas corretas (B) em função dos SOAs e da validade das pistas, durante o teste de orientação encoberta da atenção envolvendo pistas auditivas e alvos visuais cuja duração foi de 5 ms ou de 100 ms.

## Discussão

Como esperado com base nos resultados do Experimento 1, observamos efeito de validade para tempo de reação nos Experimentos 3A e 3B. A análise detalhada por SOA mostrou haver efeito de validade no SOA de 700 ms (Experimento 3A). O efeito de validade mostrou-se mais consistente no SOA de 100 ms em relação aos SOAs mais longos. Não houve efeito de validade no SOA de 400 ms em qualquer dos experimentos.

A ocorrência de efeito de validade quando o SOA foi de 700 ms no Experimento 3A, mas não no Experimento 3B, parece refletir o efeito da duração do alvo sobre o efeito de validade. Em outras palavras, a ausência de efeito de validade nos SOAs maiores do Experimento 3B pode estar relacionado à redução no tempo de apresentação do alvo.

O aparecimento de efeito de validade no SOA de 700 ms condiz com o que seria esperado quando ocorre engajamento endógeno da atenção, já que o efeito da pista em intervalos longos indica que os animais mantêm a expectativa durante esse tempo (LUCK; VECERA, 2002). Assim, diferentemente do que poderia sugerir o Experimento 1 (de existência de efeito de validade apenas no SOA de 100 ms, efeito este que se confirmou no presente Experimento), os ratos não responderiam apenas exogenamente à pista que no presente trabalho vale lembrar, foi simbólica.

Os resultados do Experimento 3A ressaltam também que essas diferenças no tempo de reação não implicaram num aumento no número de erros dado que o efeito de validade envolvendo os tempos de reação não implicou em alterações relativas ao número de erros. Resultados semelhantes forma observados no Experimento 1A.

Esse efeito de validade para tempo de reação dissociado de efeitos sobre a validade para acurácia sugere que o efeito observado **não** é produto de processos de decisão envolvendo uma redução no critério da resposta, pois se tivesse sido esse o caso haveria um aumento no número de erros particularmente nas tentativas com pista inválida (POSNER, 1980). Esse resultado favorece o estabelecimento de uma associação dos efeitos atencionais com processos de facilitação perceptual.

A redução da duração do alvo tem produzido resultados relativamente consistentes, pois efeitos similares foram observados nos Experimentos 1 e 3. Isto é, observa-se aumento do tempo de reação e aumento de respostas incorretas causado especificamente por erros de comissão, sendo que o aumento dos erros se dá de forma desproporcional já que ocorrem mais erros nas tentativas inválidas em relação às tentativas válidas quando o alvo é apresentado por 5 ms.

Um efeito esperado associado à redução da duração do alvo é um aumento da dificuldade em detectar o mesmo. O aumento na quantidade de erros de omissão no SOA de 100 ms (Figuras 16) mostra que os ratos falham mais em perceber o estímulo deixando, portanto, de responder. Esse efeito não foi observado no Experimento 1, aparentemente em decorrência das diferentes estratégias utilizadas nesses dois experimentos. Isto é, no Experimento 1 as respostas antecipadas ocorrem predominantemente ao redor de 400 ms após a apresentação da pista; assim, o número de erros aumenta consideravelmente no SOA de 400 ms. No Experimento 3 o número de erros no SOA de 400 ms é igual ao observado no SOA



de 100 ms, ao passo que o número de antecipações aumenta apenas no SOA de 700 ms. Assim, o tempo limite de tempo estipulado para a emissão da resposta sem a apresentação do alvo (que caracterizaria um erro de antecipação) é próximo a este valor. Como no Experimento 3 os ratos devem esperar mais devido a existência do SOA 700 ms, quando não detectam a apresentação do alvo no SOA de 100 ms, os animais esperam por mais tempo do que ocorre no Experimento 1, o que é mais próximo dos 1000 ms correspondentes ao limite máximo permitido sem emissão de resposta, como se o alvo ainda estivesse por vir, acarretando assim na omissão de resposta. Assim, os erros de omissão são observados no Experimento 3, mas não no Experimento 1, e apenas no SOA de 100 ms.

A disponibilização de até 1000 ms para efetuar a resposta e, dado a tendência dos animais em responder após determinado intervalo de tempo, faz com que praticamente não ocorram erros de omissão, inviabilizando a observação de efeito de validade para esse tipo de erro. Se o tempo máximo para resposta fosse, por exemplo, 300 ou 400ms, os animais omitiriam as respostas mais vezes. Isso poderia ocorrer mesmo que eles tenham visto o alvo, mas também reduziria as respostas contabilizadas como corretas, mas dadas sem que os ratos realmente tenham visto o alvo, respostas essas baseadas apenas na informação dada pela pista.

O efeito de validade envolvendo erros de comissão no Experimento 3B, como discutido no Experimento 1, parece ser reflexo de respostas emitidas sem que o rato tenha visto o alvo, algo equivalente a respostas de antecipação, baseadas apenas na informação fornecida pela pista. Como os animais respondem preferencialmente pela informação da pista, haveria maior quantidade de acertos acidentais quando a pista é válida.

O efeito de validade envolvendo erros de comissão ocorreu apenas quando o SOA foi de 100 ms, observação congruente com os resultados de tempo de reação, onde também se observa efeito de validade apenas no SOA de 100 ms. Isso ressalta, por outro meio, que o efeito de validade ocorre predominantemente nos SOAs curtos.

Apesar de haver claro efeito da pista, baseado nessa variável, não é possível afirmar se o animal direciona a atenção e se a atenção modula o processamento perceptual, facilitando ou prejudicando a identificação do estímulo, pois o efeito de

validade nos erros de comissão ocorre independentemente de haver diferença perceptual modulada pela atenção entre as tentativas válidas e inválidas.

A redução da intensidade do alvo provoca também um aumento geral no número de erros de comissão. Tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 3 o aumento é de quatro ou cinco vezes em relação aos valores observados na condição em que a duração do alvo é maior. Isso parece sugerir que com alvo cuja duração é de 5 ms os animais podem ter respondido, algumas vezes, sem terem detectado a apresentação do alvo e também sem utilizar a informação fornecida pela pista, pois, se o tivessem feito, esperar-se-ia um aumento na quantidade de erros de comissão apenas nas tentativas com pista inválida.

Com base na quantidade de erros de comissão nas duas condições de intensidade do alvo podemos tentar estimar a frequência com que os animais utilizam efetivamente a informação da pista. As respostas são emitidas em quatro condições distintas em função do uso da pista e do alvo: os animais podem usar a pista (P), não usar a pista (NP), enxergar o alvo (A) e não enxergar o alvo (NA), o que resultaria nas combinações P-A, P-NA, NP-A e NP-NA. As respostas P-A e NP-A correspondem às tentativas em que o animal percebeu o estímulo alvo e respondeu corretamente, independentemente de ter utilizado a pista.

Das respostas contabilizadas como erros de comissão na condição válida, podemos dizer que são resultados da falha tanto em utilizar a pista quanto o alvo (NP-NA), já que respondem no local oposto ao indicado tanto pela pista quanto pelo alvo, ou seja, respondem aleatoriamente. Espera-se então que a mesma quantidade de respostas NP-NA (respostas aleatórias) sejam dadas no local correto, sendo então consideradas respostas corretas. Nas tentativas inválidas, espera-se observar a mesma proporção de respostas NP-NA, além de existir a possibilidade de haver contribuição das pistas inválidas. Se houver mais erros de comissão nas tentativas inválidas em relação às válidas, a essa diferença será atribuída o efeito da pista, ou seja, ele utilizou a pista para se orientar, mas falhou em perceber o alvo (P-NA), note que essa condição numa tentativa com pista válida faz com que o rato acerte a resposta.

Assim, no SOA de 100ms do experimento 3B (Figura 16), temos 9% de erros de comissão (NP-NA) na condição válida, somado o valor equivalente que o animal

acertou ao acaso temos 18% de respostas NP-NA para a condição válida. Como a diferença entre os erros de comissão nas tentativas válidas e inválidas é 6%, temos o total de respostas no qual se supõe que não houve utilização do alvo (24%). Portanto, das tentativas em que o animal não viu o alvo, em 25% (6/24) dessas tentativas a pista foi utilizada.

No caso do experimento 1, não observamos grandes variações em relação aos erros de comissão na condição B (alvo 5ms), o valor médio de erros de comissão na condição de pista válida é de 12% e nas inválidas de 17%, significa que o animal usa a pista em aproximadamente 17% (5/29) das respostas. Evidencia-se assim, houve aumento na frequência de uso da pista entre o experimento 1 e experimento 3 (de 17 para 25%).

Essa abordagem permite avaliar melhor a tarefa e eventualmente aperfeiçoar a tarefa fazendo com que os animais utilizem mais a pista, seja aumentando o número de treino seja aumentando a intensidade ou tempo de apresentação da pista. Isso parece ser importante, já que, a frequência de uso da pista é relativamente baixa.

## DISCUSSÃO GERAL

Os resultados encontrados no presente estudo mostram que pistas auditivas simbólicas preditivas reduzem significativamente o tempo de reação nas tentativas válidas em relação às tentativas inválidas (Figuras 5, 7, 13 e 15). Ademais, os resultados mostram que também a percentagem de respostas corretas é alterada em decorrência da validade desse tipo de pista (Figuras 7 e 15). Assim, em relação a esse aspecto, o presente conjunto de resultados confirma o que seria de se esperar em relação à orientação encoberta da atenção na tarefa de Posner (1980) envolvendo seres humanos.

É de se notar, porém, que esses efeitos de validade não ocorreram em relação a todos os SOAs empregados, restringindo-se aos SOAs de 100 e 700 ms, mas nunca ao SOA de 400 ms. A ocorrência de efeito de validade envolvendo tempos de reação em SOAs de 700 ms, como observado no Experimento 3A, confirmam resultados previamente descritos por Marote e Xavier (2011) envolvendo pistas periféricas preditivas em SOA próximo (800 ms). No conjunto, esses resultados sugerem a existência de processos de orientação endógena da atenção em ratos que ocorreriam da forma como prevista por Luck e Vecera (2002) para testes análogos envolvendo seres humanos. Por outro lado, a existência de efeito de validade envolvendo erros de comissão sugere que os animais poderiam estar escolhendo o local de resposta baseado na pista pelo menos numa pequena parcela das tentativas, sugerindo que a contingência entre pista-alvo tenha não apenas sido detectada, mas também que influencie a resposta. Independentemente desse resultado não representar uma medida direta de orientação da atenção, ele se parece constituir uma evidência adicional de que há orientação endógena da atenção nesses animais.

Usualmente, em tarefas envolvendo tempo de reação no paradigma da atenção encoberta de Posner (1980), efeitos de validade significativos em SOAs tão curtos quanto 100 ms são atribuídos à orientação exógena da atenção (ver Luck e Vecera, 2002). Esse tipo de resultado em humanos, porém, é observado apenas quando se utiliza pistas periféricas, não ocorrendo quando se utiliza pistas centrais; quando se utiliza este último tipo de pista os efeitos de validade tendem a surgir

apenas em SOAs maiores, a partir de 200 ms. Neste último caso, esse efeito é atribuído à orientação endógena da atenção.

Assim, a ocorrência consistente de efeito de validade quando o SOA foi de 100 ms no presente estudo que, ressalte-se, envolveu a utilização de pistas simbólicas preditivas, requer atenção adicional. Resultados semelhantes foram observados em macacos por Bowman et al. (1993), i.e. o uso de pistas simbólicas produziu efeito de validade principalmente em SOAs curtos.

Os resultados do Experimento 2, em que ao longo de quatro sessões não se verificou, por meio do tempo de reação, re-aprendizagem da relação pista-alvo e não se verificou, por meio da acurácia, extinção de respostas à pista como treinados previamente, parecem reforçar a noção de que o efeito de validade observado nos SOAs curtos do presente conjunto de experimentos tenham relação com o treinamento prolongado dos animais no esquema de pareamentos contingente entre pista e alvo, de modo que a apresentação do primeiro eliciaria, pelo histórico de contingência, a atividade nervosa correspondente ao segundo, facilitando assim sua detecção. Ou seja, os efeitos de validade poderiam ser decorrência da associação entre pista e o local de apresentação do alvo, i.e., de condicionamento clássico. Ressalte-se, entre parênteses, que na literatura envolvendo seres humanos isso corresponderia a um tipo de aprendizagem implícita, requerendo, portanto, treinamento repetitivo para sua aquisição gradual e que sua extinção seria lenta.

Nesse contexto, é possível especular que processos envolvendo condicionamento clássico se sobreponham a processos de orientação endógena da atenção, ambos determinando o aparecimento do efeito de validade em ratos (presente estudo), macacos (BOWMAN et al., 1993) e humanos (HOMMEL et al., 2001). Nos SOAs curtos preponderariam os efeitos do condicionamento clássico dada a facilidade do estabelecimento de associações quando o intervalo entre a apresentação dos estímulos é pequena, ao passo que nos SOAs mais longos preponderariam os efeitos de orientação endógena da atenção.

Esses processos seriam distintos daqueles que ocorrem quando se utiliza pistas periféricas não-preditivas, que captariam a atenção automaticamente, levando ao aparecimento de efeitos de validade já em SOAs muito curtos (inclusive menores do que 100 ms), independentemente de qualquer apresentação contingente entre pista e alvo (ver Luck e Vecera, 2002). Righi e Ribeiro-do-Valle (2011) observaram

efeito de validade em SOA de 67ms e em SOA de 34ms quando a atenção era atraída para o lado direito do campo visual.

Estudos envolvendo seres humanos têm mostrado que estímulos socialmente relevantes, tais como palavras (“direita” e “esquerda”) ou setas, geram resposta de direcionamento atencional mesmo quando o voluntário sabe que tais estímulos são irrelevantes (i.e. não informativas) para execução da tarefa (HOMMEL et al., 2001; RISTIC; FRIESEN; KINGSTONE, 2002, RISTIC; KINGSTONE, 2006). Ou seja, os mesmos efeitos atribuídos anteriormente apenas à orientação automática da atenção por pistas periféricas têm se revelado presentes nos testes com pistas simbólicas.

Resumidamente, experimentos em humanos têm mostrado que estímulos simbólicos auditivos ou visuais não-preditivos podem gerar respostas de orientação automática da atenção quando o significado atribuído à pista está (culturalmente) bem estabelecido. Além disso, aparentemente alguns minutos diários de treino ao longo de poucas semanas são suficientes para automatizar a respostas a esses estímulos quando os mesmos são preditivos. Nossos resultados correspondem com o padrão observado por esses autores, ou seja, apesar de utilizar pistas simbólicas, o padrão de respostas pelo menos em SOAs curtos é mais próximo ao que seria esperado em tarefas envolvendo pistas periféricas não-preditivas, cujos efeitos de validade são atribuídos a processos de orientação exógena da atenção.

Há ainda evidências em humanos de que pistas simbólicas visuais sem características direcionais intrínsecas (diferentemente de setas, por exemplo) podem produzir o mesmo efeito de pistas periféricas (efeito de validade em SOA de 150ms) após treinamento intensivo por algumas semanas (GUZZON et al., 2010).

Relativamente aos resultados do presente conjunto de experimentos, particularmente os que envolvem a ocorrência de efeito de validade em SOAs curtos, parece importante ressaltar que basta apenas uma sessão de treino para que se estabeleça uma relação entre a pista simbólica auditiva e o local de aparecimento do alvo visual. Deve-se notar, porém, que uma sessão de treino no presente experimento envolve em média 350 tentativas, com 100% de pareamentos entre a pista e o alvo, o que pode ser suficiente para levar ao condicionamento dos animais em relação à ocorrência contingente desses estímulos.

A interpretação de que os efeitos de validade descritos no presente conjunto de experimentos quando o SOA é curto podem estar relacionados com o condicionamento clássico decorrente de um efeito de frequência dos pareamentos entre pista e alvo, não implica na impossibilidade de haver direcionamento atencional decorrente de processos endógenos como se poderia interpretar o efeito de validade observado no SOA de 700 ms (Experimento 3A) ou nas observações de Marote e Xavier (2011), que relatam evidências de orientação endógena da atenção em ratos quando o SOA é 800 ms.

O desenvolvimento de uma tarefa comportamental para investigar a orientação da atenção em ratos análoga àquela descrita por Posner (1980) para seres humanos é extremamente interessante por haver uma grande base de resultados envolvendo humanos; isso possibilitaria fazer comparações diretas entre os resultados de humanos e os resultados observados em ratos, permitindo avaliar em que extensão os fenômenos atencionais seriam análogos nessas espécies relativamente distantes. Ademais, os mecanismos envolvidos no surgimento do efeito de validade, poderiam ser investigados adicionalmente em diferentes modelos gerando ensaios sobre os processos subjacentes ao seu aparecimento. Por exemplo, não estão claros os mecanismos que levam ao aparecimento desses efeitos comportamentais associados à apresentação de pistas simbólicas preditivas quando os SOAs são curtos. A rigor, esses resultados deveriam ser considerados como decorrentes da orientação endógena da atenção encoberta. Porém, como o curso temporal desses efeitos em muito se assemelha aos observados quando da exposição a pistas periféricas não-preditivas, cujos resultados são atribuídos à orientação automática da atenção, a interpretação do primeiro conjunto de resultados é controversa. Mesmo resultados negativos após danos em estruturas nervosas supostamente envolvidas nos processos atencionais em ratos, como no caso do córtex parietal posterior, são atribuídos a diferenças anatômicas do controle da atenção (ROSNER; MITTLEMAN, 1996; WARD; BROWN, 1996), sem que se cogite que outros processos possam produzir os mesmos resultados.

Podemos especular, por exemplo, que a atenção motora produz esses resultados. Atenção motora se refere principalmente a processos de preparação motora, que podem ocorrer de forma encoberta aguardando o momento correto de gerar a resposta. Esse processo é similar à atenção visuo-espacial para um local no

espaço (RUSHWORTH, 2003), mas certamente não envolve a modulação dos mecanismos perceptuais, apesar de potencialmente poder produzir os mesmos efeitos observados no teste de atenção. Talvez valesse a pena desenvolver e clarificar melhor essa discussão, pois no seu conjunto de experimentos a resposta motora envolvida nas tentativas válidas e inválidas é a mesma, i.e., retirar o focinho do buraco central. É possível que a preparação motora para responder para um lado, decorrente da apresentação da pista, e necessidade de modificar essa resposta após a apresentação do alvo no caso da pista ser inválida, tenha algum impacto sobre o tempo requerido para remover o focinho do buraco central, ainda que essa mesma resposta seja medida na pista válida e inválida. Ou seja, o impacto da preparação motora poderia também ocorrer, mesmo quando a resposta é no geral a mesma.

Talvez a evidência mais forte que advogue a favor do efeito modulador da atenção sobre a percepção seja o efeito de validade para erros de omissão observados por Marote e Xavier (2011); esse resultado indica que a atenção pode ser determinante na capacidade dos ratos de perceber ou não o estímulo alvo cuja duração encontra-se próxima do limiar de detecção. Apesar de, inicialmente, termos a preocupação em avaliar o efeito da atenção próximo ao limiar da percepção para propiciar a ocorrência de erros de omissão, comparando duas condições com tempos de apresentação do alvo (100 e 5 ms) tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 3, não observamos esse efeito. Como já discutido anteriormente, devido à janela de resposta demasiadamente longa (1000 ms ante os 500 ms permitidos por Marote e Xavier, 2011, após a apresentação do alvo), não avaliamos apropriadamente os erros de omissão, pois os ratos tendiam a responder antes de expirar o tempo de resposta disponível.

A ocorrência de efeito atencional na percepção não exclui seu possível efeito na preparação motora. A elaboração de uma tarefa envolvendo tempo de reação simples eventualmente permitisse avaliar exclusivamente a atenção na percepção. Na tarefa de orientação encoberta da atenção em humanos é possível coletar os dados de duas formas distintas. Podemos fazer com que os voluntários respondam, apertando um botão, com a mão direita quando o alvo aparecer do lado direito do campo visual e com a mão esquerda quando o alvo aparecer do lado esquerdo do



campo visual, condição essa equivalente à utilizada em nossos experimentos, nos quais os animais devem responder ao buraco da direita ou esquerda de acordo com o local de aparecimento do alvo. Nessa condição, parece inevitável a contribuição da preparação motora (ou atenção motora) no efeito de validade observado. Por outro lado, em humanos existem variantes dessa tarefa no qual a resposta requerida é um simples apertar de botão independente de o alvo aparecer à direita ou esquerda. Como nesse caso há apenas um tipo de resposta, exclui-se a variável preparação motora (ou atenção motora) nos efeitos observados. Isso poderia teoricamente ser feito treinando os ratos a responder apenas retirando o focinho ao aparecimento do alvo ou respondendo a um dos buracos laterais independente do local de apresentação do alvo. Assim, caso seja observado efeito de validade, ele poderia ser atribuído ao efeito da atenção no processamento perceptual.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados do presente estudo mostram que pistas simbólicas preditivas levam ao aparecimento do efeito de validade tanto em SOA de 100 ms como em SOA de 700 ms, mas não em SOA de 400 ms. Esses efeitos podem estar associados a processos de orientação endógena da atenção. Porém, o presente conjunto de resultados não permite descartar a possibilidade de que os efeitos de validade observados quando da utilização do SOA de 100 ms estejam relacionados ao possível condicionamento clássico decorrente do efeito de frequência pelo pareamento contingente entre a pista e o alvo. Mais estudos seriam necessários para avaliar essas possibilidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKMAN,C.; ZHAO,Q.; LIU, X.; HOLMES, G.L. Effect of food deprivation during early development on cognition and neurogenesis in the rat. *Epilepsy and Behavior*.v. 5, n.4, p. 446–454, 2004.

ASTON-JONES, G.S.; DESIMONE, R.; DRIVER, J.; LUCK, S.J.; POSNER, M.I. Attention. In: ZIGMOND, M.J.; BLOOM, F. E.; LANDIS, S. C.; ROBERTS, J. L.; SQUIRE, L. R. *Fundamental Neuroscience*. San Diego: Academic Press. 1998. p. 1385-1409.

BARTOLOMEO, P.; DECAIX, C.; SIÉROFF, E. The phenomenology of endogenous orienting. *Consciousness and Cognition*, v. 16, n. 1, p. 144-161, 2007.

BASHINSKI, H.S.; BACHARACH, V.R. Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Attention, Perception, and Psychophysics*, v. 28, n. 3, p. 241-248, 1980.

BIANCHI, M.; FONE, K.F.C.; AZMI, N.; HEIDBREder, C.A.; HAGAN, J.J.; MARSDEN, C.A. Isolation rearing induces recognition memory deficits accompanied by cytoskeletal alterations in rat hippocampus. *European Journal of Neuroscience*, v. 24, n. 10, p. 2894–2902, 2006.

BOWMAN, E.M.; BROWN, V.J.; KERTZMAN, C.; SCHWARZ, U.; ROBINSON, D.L. Covert orienting of attention in macaques. I. Effects of behavioral context. *Journal of Neurophysiology*, v. 70, n. 1, p. 431–443,1993.

BUSHNELL, P.J.; CHIBA, A.A.; OSHIRO, W.M. Effects of unilateral removal of basal forebrain cholinergic neurons on cued target detection in rats. *Behavioural Brain Research*, v. 90, n. 1, p. 57-71, 1998.

CORBETTA, M.; SHULMAN, G.L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 3, p. 201-215, 2002.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. 2nd ed. New York: W.W. Norton and Company Inc., 2002, p. 247-252.

GUZZON, D.; BRIGNANI, D.; MINIUSI, C.; MARZI, C. A. Orienting of attention with eye and arrow cues and the effect of overtraining. *Acta Psychologica*, v.134, n. 3, p. 353–362, 2010.

HIKOSAKA, O.; MIYAUCHI, S.; SHIMOJO, S. Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, v. 33, n. 9, p. 1219-1240, 1993a.

HIKOSAKA, O.; MIYAUCHI, S.; SHIMOJO, S. Voluntary and stimulus-induced attention detected as motion sensation. *Perception*, v. 22, n. 5, p. 517-526, 1993b.

HOMMEL, B.; PRATT, J.; COLZATO, L.; GODIJN, R. Symbolic control of visual attention. *Psychological Science*, v.12, n. 5, p. 360–365, 2001.

HUGHES, H.C. Effects of flash luminance and positional expectancies on visual response latency. *Perception and Psychophysics*, v. 36, n. 2, p. 177-184, 1984.

KLOSTERHALFEN, S.; FISCHER, W.; BITTERMAN, M.E. Modification of attention in honeybees. *Science*, v. 201, n. 4362, p. 1241-1243, 1978.

LUCK, S.J.; VECERA, S.P. Attention. In: PASHLER, H.; YANTIS, S. *Stevens' handbook of experimental psychology*. Vol. 1. Sensation and Perception. New York: Wiley, 2002. 3rd ed., p. 235-286.

MAROTE, C.F.O.; XAVIER, G.F. Endogenous-like orienting of visual attention in rats. *Animal Cognition*, v. 14, n. 4, p. 535-544, 2011.

MCCORMICK, P.A. Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 23, n. 1, p. 168-180, 1997.

MORAN, J.; DESIMONE, R. Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, v. 229, n. 4715, p. 782-784, 1985.

MOTTER, B.C. Focal attention produces spatially selective processing in visual cortical areas V1, V2 and V4 in the presence of competing stimuli. *Journal of Neurophysiology*, v. 70, n.3, p. 909-919, 1993.

MULCKHUYSE, M.; TALSMA, D.; THEEUWES, J. Grabbing attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, v. 15, n.7, p.779-788, 2007.

MÜLLER, H.J.; RABBITT, P.M. Reflexive and voluntary orienting of visual attention: time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 15, n. 2, p. 315-330, 1989.

NASANEN, R.; AHONEN, L.; JAGADEESAN, S.; MÜLLER, K. "Cueing spatial visual attention by symbolic and directional auditory stimuli" *Perception 37 ECVF Abstract Supplement*, 2008, p. 98.

NORMAN, D.A. Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, v. 75, n. 6, p. 522-536, 1968.

PHILLIPS, J.M.; MCALONAN, K.; ROBB, W.G.; BROWN, V.J. Cholinergic neurotransmission influences covert orientation of visuospatial attention in the rat. *Psychopharmacology*, v. 150, n. 1, p. 112–116, 2000.

POSNER, M.I. Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 32, n.1, p. 3-25, 1980.

POSNER, M.I. Structures and functions of selective attention. In: Boll, T.; Bryant, B. *Clinical Neuropsychology and Brain Function: Research, Measurement and Practice*. Washington, D.C.: American Psychological Association, 1988. p. 171-202.

POSNER, M.I.; RAICHLE, E. M. *Images of mind*. New York: Scientific American Library, 1994.

POSNER, M.I.; SNYDER, C.R.R. Attention and cognitive control. In: SOLSO, R. L. (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1975, p. 55-85.

POSNER, M.I.; SNYDER, C.R.; DAVIDSON, B.J. Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, v. 109, n. 2, p. 160-174, 1980.

RIGHI, L. L.; RIBEIRO-DO-VALLE, L. E. Automatic attention lateral asymmetry in visual discrimination tasks. *Psychological Research*, v.75, n. 1, p. 24-34, 2011.

RISTIC J.; FRIESEN, C, K.; KINGSTONE, A. Are eyes special? It depends on how you look at it. *Psychonomic Bulletin & Review*, v. 9, n. 3, p. 507-513, 2002.

RISTIC, J.; KINGSTONE, A. Attention to arrows: Pointing to a new direction. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 59, n. 11, p. 1921-1930, 2006.

ROSEN, A.C., RAO, S.M., CAFFARRA, P., SCAGLIONI, A., BOBHOLZ, J.A., WOODLEY, S.J., HAMMEKE, T.A., CUNNINGHAM, J.M., PRIETO, T.E., BINDER, J.R. Neural basis of endogenous and exogenous spatial orienting: a functional MRI study. (magnetic resonance imaging) *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 11, n. 2, p. 135-148, 1999.

ROSNER, A.L.; MITTLEMAN, G. Visuospatial attention in the rat and posterior parietal cortex lesions, *Behavioural brain research*, v. 79, n.1-2, p. 69–77, 1996.

RUSHWORTH, M.F.; JOHANSEN-BERG, H.; GÖBEL, S.M.; DEVLIN, J.T. The left parietal and premotor cortices: motor attention and selection. *NeuroImage*, v. 20, n. 1, p. 89–100, 2003.

SQUIRE, L. Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 4, n. 3, p. 232–243. 1992.

STEWART, C.; BURKE, S.; MARROCCO, R. Cholinergic modulation of covert attention in the rat. *Psychopharmacology*, 155, n. 2, p. 210–218, 2001.

SWINDEREN, B. Attention-like processes in *Drosophila* require short-term memory genes. *Science*, v. 315, n. 5818, p. 1590–1593, 2007.

WARD, N.M.; BROWN, V.J. Covert orienting of attention in the rat and the role of striatal dopamine. *The Journal of Neuroscience*, v. 16, n. 9, p. 3082-3088, 1996.

WARD, N.M.; BROWN, V.J. Deficits in response initiation, but not attention, following excitotoxic lesions of posterior parietal cortex in the rat. *Brain Research*, v. 775, n. 1–2, p. 81–90, 1997.

WARD, N.M.; SHARKEY, J.; MARSTON, H.M.; BROWN, V.J. Simple and choice reaction-time performance following occlusion of the anterior cerebral arteries in the rat. *Experimental Brain Research*, v.123, n. 3, p. 269-281, 1998.

WEESE, D.G.; PHILLIPS, J.M.; BROWN, V. J. Attentional orienting is impaired by unilateral lesions of the thalamic reticular nucleus in the rat. *The Journal of Neuroscience*, v. 19, n. 22, p. 10135-10139, 1999.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 130 p.