

Comportamento antecipatório baseado em registros sobre regularidades passadas

Daniel G. da Silva*, Gilberto F. Xavier

Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

*Aluno de Bacharelado do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A antecipação constitui uma capacidade de extrema importância à evolução dos vertebrados, pois, ao permitir a geração de previsões e a orientação atencional para estímulos pendentes, possibilitou interpretações mais refinadas do meio, além de uma preparação para a ocorrência de estímulos críticos, aumentando as chances de sobrevivência daqueles que a possuem. O presente trabalho visou avaliar a habilidade de gerar comportamento antecipatório, por meio do teste de extrapolação a partir de padrões seriais de estímulos. Ratos da linhagem Wistar, machos, foram treinados a correr em uma pista reta, ao longo de 22 dias, para obter reforço ao final de cada uma de 4 tentativas sucessivas. Os sujeitos, organizados em dois grupos, foram expostos a uma sequência de quantidades de reforço envolvendo 14, 7, 3 e 1 sementes de girassol (Grupo Monotônico) ou 14, 3, 7 e 1 sementes de girassol (Grupo Não-Monotônico). No 23º dia do experimento uma quinta tentativa, nunca experienciada antes, portanto cuja quantidade de sementes não era conhecida, mas passível de extrapolação a partir do padrão serial, foi adicionada à sessão. Os resultados mostraram que os animais expostos ao padrão monotônico exibiram, na quinta tentativa, substancial aumento do tempo de corrida, como se esperassem uma quantidade de sementes menor do que a experimentada na tentativa anterior. Em contraste, os animais expostos ao padrão não-monotônico exibiram, na quinta tentativa, tempos de corrida relativamente baixos, indicando que esses animais geraram uma expectativa de obtenção de maior quantidade de sementes em relação à tentativa anterior. No conjunto, esses resultados indicam que ratos são capazes de extrapolar a partir de padrões seriais de estímulos, mostrando que esses animais são capazes de gerar previsões sobre condições ambientais que estão por vir, com base no registro de regularidades passadas mantidas na memória e na identificação de regras sobre as relações entre os eventos anteriores.

Palavras-chave: Antecipação, extrapolação, memória, padrões seriais

INTRODUÇÃO

Antecipação é a capacidade de gerar previsões com base no registro de experiências passadas. Essa capacidade permite gerar comportamentos modulados por eventos pendentes, se constituindo numa das características fundamentais do comportamento intencional. Trata-se, portanto, de um mecanismo extremamente importante, fruto da evolução do sistema nervoso dos vertebrados, que permitiu orientar a atenção para aspectos relevantes do ambiente, e interpretar e reagir de forma mais rápida e refinada a eventos ambientais, aumentando as chances de sobrevivência.

Não surpreende, dessa forma, que a literatura científica venha registrando a existência de comportamentos antecipatórios em diversos grupos de animais. Por exemplo, *Aphelocoma californica* é uma ave do grupo Passeriforme que parece ser capaz de planejar para o futuro independente de seu estado motivacional presente. Para chegar a essa conclusão, os autores expuseram os animais dessa espécie a um treinamento em que os pássaros presenciavam duas formas de compartimentos diferentes em manhãs alternadas, por seis dias. Em um compartimento eles recebiam alimentação e no outro compartimento não recebiam qualquer alimento. Depois da fase de treino foi dado aos pássaros, inesperadamente, durante a noite, quando eles já haviam passado por um espaço

de tempo longo de privação alimentar, ração suficiente para que comessem no momento e guardassem para o dia seguinte. Com base no resultado desse experimento, os autores puderam verificar que os animais guardaram comida ao mesmo tempo em que se alimentavam e concluíram que as aves anteciparam a ausência de alimento no dia seguinte baseadas na experiência que obtiveram nos seis dias de treino e não por realizarem um comportamento espelhado em seu estado motivacional atual, no qual estavam com fome ao receberem o alimento. (Raby, Alexis, Dickinson, & Clayton, 2007).

Outro tipo de estudo, envolvendo orangotangos e chimpanzés, demonstrou que esses animais são capazes de guardar ferramentas, não para seu uso imediato, mas prevendo sua utilidade futura em vários momentos distintos. Para revelar essa capacidade, os autores conduziram uma série de experimentos nos quais (1) os orangotangos e chimpanzés aprenderam a usar uma ferramenta adequada para conseguir recompensa em um aparelho na sala de teste. Feito isso, foram disponibilizadas duas ferramentas adequadas e seis ferramentas inadequadas para usar no aparelho de teste, mas com o acesso dos animais ao aparelho bloqueado. Depois de 5 minutos, os sujeitos eram levados à sala de espera e lá assistiam o examinador retirar as ferramentas da sala de teste. Uma hora depois os

sujeitos voltavam à sala de teste e retomavam seu acesso ao aparelho. (2) Então, em etapas seguintes ao treinamento, para resolver o problema do experimento, os sujeitos deveriam escolher a ferramenta adequada que estava na sala de teste, levá-la para a sala de espera, mantê-la lá por uma hora e trazê-la de volta para a sala de teste, podendo somente assim adquirir sua recompensa no aparelho. (3) O experimento seguinte estendeu a espera de uma para 14 horas. Após essa bateria de experiências, os autores puderam concluir que os orangotangos e chipanzés conseguiram selecionar, transportar e guardar as ferramentas corretamente para sua utilização futura. E hipotetizaram que os animais não fizeram isso por condicionamento operante, pois havia espaço de tempo de pelo menos uma hora (e até 14 horas) entre a seleção da ferramenta e o acesso à recompensa. Também foi demonstrado que tal comportamento, realizado pelos sujeitos, dificilmente poderia ser inato, porque em seus habitats naturais esses animais não precisam guardar comida ou objetos, pois tem acesso a eles o ano inteiro. Portanto, os resultados obtidos pelos autores representam um caso real de planejamento para o futuro (Mulcahy & Call, 2006).

Também, diversos estudos avaliaram a capacidade de roedores de antecipar eventos (e.g., Flaherty & Checke, 1982; Flaherty & Rowan, 1985; Onishi & Xavier, 2011). Em situações de contraste de incentivo, por exemplo, grupos independentes de ratos recebem (1) uma solução de sacarina a 0,15% (primeiro bebedouro) seguida, minutos depois, de uma solução de sacarose a 30% (segundo bebedouro) (Grupo 0,15-30) ou (2) uma solução de sacarina a 0,15% (primeiro bebedouro) seguida de uma solução de sacarina a 0,15% (segundo bebedouro) (Grupo 0,15-0,15). Esse procedimento é repetido para ambos os grupos ao longo de vários dias de treino. Portanto, os dois grupos recebem a mesma solução, sacarina a 0,15% no primeiro bebedouro, mas soluções distintas no segundo bebedouro. A preferência dos animais pela sacarose a 30% é evidente, refletindo-se num maior consumo dessa solução. Interessantemente, apesar da primeira solução, sacarina a 0,15%, ser idêntica para os grupos, seu consumo ao longo de vários dias é diferente entre esses grupos. Isto é, enquanto nos animais do Grupo 0,15-30 o consumo de sacarina no primeiro bebedouro tende a diminuir ao longo dos dias de treino, nos animais do Grupo 0,15-0,15 o consumo de sacarina no primeiro bebedouro tende a aumentar. Em outras palavras, a pendência da oferta de uma solução preferida, a sacarose a 30%, leva os animais a consumirem menos sacarina, como se estivessem reservando espaço estomacal para o consumo da solução preferida. Esse comportamento foi denominado contraste antecipatório de incentivo. Juntamente com resultados de outros estudos (ver Flaherty, 1996) esse comportamento levou à conclusão de que ratos antecipam a futura ocorrência de um evento exibindo comportamentos condizentes com essa antecipação (Flaherty & Checke, 1982; Flaherty & Rowan, 1985; Onishi & Xavier, 2011).

Xavier, Saito e Stein (1991), também mostraram que ratos treinados a correr em uma pista

reta para receberem reforço ao seu final, reagem ao local de apresentação de um estímulo quando novidades são introduzidas na forma de apresentação de novos estímulos. Mais interessante, esses autores mostraram também que os animais reagem à ausência de um estímulo previamente apresentado, direcionando atividade exploratória para o local em que o estímulo havia sido apresentado, como se a presença do estímulo naquele local fosse esperada, com base no registro sobre experiências passadas, gerando atividade exploratória quando essa expectativa não se confirma.

É interessante observar que esses comportamentos antecipatórios envolvendo roedores parecem possuir uma espécie de “reconstrução” do ambiente ou das contingências ambientais, baseada em memória, uma vez que o animal já havia sido exposto à mesma situação repetidas vezes.

Por outro lado, em estudos envolvendo aprendizado sobre padrões seriais, foi demonstrado que ratos são sensíveis a regras estruturais sobre o funcionamento do ambiente, o que os tornam capazes de identificar sequências lógicas de eventos (Hulse, 1978; Hulse & Dorsky, 1977, 1979; Rowan et al, 2001a). Nesse contexto, Fountain e Hulse (1981) estenderam essas observações investigando a capacidade de ratos de extrapolar a partir de padrões seriais de estímulos. Para isso, esses autores treinaram grupos independentes de ratos a correrem por uma pista reta para receberem quantidades variáveis de alimento a cada tentativa, com quatro tentativas por dia. No grupo “fortemente monotônico” (M) a quantidade de alimento recebida em cada uma das tentativas foi 14, 7, 3 e 1, respectivamente. Portanto, há um padrão recorrente envolvendo a “menor” quantidade de alimento em cada uma das três transições (14-7, 7-3 e 3-1) entre tentativas. No grupo “fracamente monotônico” (m) a quantidade de alimento em cada uma das tentativas foi 14, 5, 5 e 1, respectivamente. Portanto, há duas transições decrescentes (14-5 e 5-1) e uma transição sem alteração (5-5) na quantidade de alimento recebido. Por fim, no grupo “não-monotônico” (NM) a quantidade de alimento em cada uma das tentativas foi 14, 3, 7 e 1, respectivamente. Portanto, existem duas transições decrescentes (14-3 e 7-1) e uma transição ascendente (3-7). Ao final da fase de treino, uma quinta corrida foi adicionada imediatamente após a quarta tentativa. Note, entre parênteses, que a quantidade total de alimento recebida pelos animais de todos os grupos é exatamente a mesma, portanto, sua motivação antes da quinta tentativa seria a mesma. Ademais, também as quantidades de alimento recebidas na primeira e quarta tentativas são idênticas, permitindo excluir a possibilidade de que os resultados na quinta tentativa tivessem relação com a quantidade de alimento recebida na última tentativa. Assim, diferenças no desempenho dos animais dos diferentes grupos terão relação com o padrão serial a que foram expostos. Mais interessante, enquanto o padrão serial do grupo “M” leva a extrapolação de que a quantidade de alimento na quinta tentativa seria “menor do que 1”, nos animais do grupo “m” ele leva a extrapolação de que a quantidade seria “menor do que 1” ou “igual a 1”, ao

passo que no grupo “NM” ele leva a extrapolação de que seria “maior do que 1”. Como esperado, os tempos de corrida na quinta tentativa diferiram substancialmente entre esses grupos. Isto é, nos animais expostos ao padrão “M” os tempos de corrida foram maiores não apenas em relação ao mesmo escore dos demais grupos mas também em relação aos seus próprios escores nas tentativas precedentes, indicando sua expectativa de que o reforço seria “menor do que 1”. Nos animais do grupo “m” os resultados foram similares, porém de menor magnitude. Em contraste, também como esperado, os escores dos animais “NM” na quinta tentativa foram menores em relação aos demais grupos e não diferiram em relação aos seus próprios escores nas tentativas precedentes. Os autores propuseram que enquanto os animais expostos ao padrão “M” extrapolaram com base numa regra simples, “menor que”, os animais expostos aos padrões “m” e “NM” não extrapolaram, pois, tiveram dificuldades para decifrar as regras envolvidas em seus respectivos padrões seriais, porque elas envolvem mais elementos.

Alternativamente, nossa interpretação é que os animais de todos os grupos extrapolaram; porém, o conteúdo das extrapolações nesses animais seria distinto em função do padrão serial a que cada qual foi exposto. Isto é, nos animais do grupo “M” a expectativa gerada na quinta tentativa seria de pendência de uma menor quantidade de alimento, razão pela qual seus tempos de corrida seriam longos. Diferentemente, nos animais do grupo “m” a expectativa seria de pendência de igual ou menor quantidade de alimento, resultando em tempos de corrida menores em relação ao grupo “M” e maiores em relação ao grupo “NM”. Já nos animais do grupo “NM” a expectativa seria de uma MAIOR quantidade de alimento, levando a tempos de corrida menores em relação aos grupos “M” e “m” (Saito & Xavier, 1995).

O objetivo do presente estudo foi confirmar o fenômeno da extrapolação a partir de padrões seriais de estímulos utilizando uma abordagem mais precisa na mensuração dos comportamentos dos animais na pista reta, por meio de microprocessadores que permitem registrar o tempo de permanência em cada local com precisão de milissegundos, e paralelamente, em associação com esse refinamento nos parâmetros mensurados, avaliar em que extensão os tempos de corrida nas cinco tentativas de cada grupo permitem deduzir sobre os processos subjacentes ao fenômeno da extrapolação.

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Sujeitos

Foram utilizados 30 ratos Wistar machos, com 120 dias de idade no início dos experimentos, originários do biotério sob responsabilidade do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Eles foram mantidos em caixas Plexiglas padrão (5 animais por caixa) em um ciclo de 12h luz – 12h

escuro (luzes acesas as 06h00min) e a temperatura mantida a $23^{\circ}\text{C} \pm 3$.

Oito dias antes de começar as sessões de treinamento, os animais foram submetidos à privação alimentar, que permaneceu até o fim do experimento. Os ratos tiveram livre acesso ao alimento (Nuvilab) apenas por duas horas por dia; durante o restante do tempo nenhum alimento estava presente nas caixas. O peso dos animais foi monitorado para garantir que os ratos permanecessem com pelo menos 85% do peso observado em animais de mesma idade com livre acesso à alimentação.

Os animais foram aleatoriamente organizados em 2 grupos, com 15 ratos no grupo monotônico (M) e 15 ratos no grupo não-monotônico (NM) (ver adiante).

Todos os procedimentos e cuidados respeitaram as diretrizes do Laboratório de Neurociências e Comportamento do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, que segue as normas e padrões nacionais e internacionais de ética no uso de animais em pesquisas.

2.2. Aparelho

O aparelho é constituído de um labirinto linear, construído em acrílico branco e constituído por duas caixas quadradas, medindo 30 x 30 x 7 cm, conectadas entre si por meio de uma pista reta que mede 100 x 11 x 7 cm. Entre a pista e cada uma das caixas existe uma parede com 30 cm de altura com portas do tipo guilhotina, medindo 12 x 8 cm. As portas podem ser controladas a distância, por meio de um fio de náilon, pelo experimentador.

Em cada uma das caixas, a 25 cm de distância das portas, próximo à parede oposta à da porta, há uma depressão medindo 4 cm de diâmetro e 1 cm de profundidade, na qual sementes de girassol são colocadas como reforço. O conteúdo não é visível a partir do corredor, sendo necessário entrar na caixa para vê-lo.

Onze fotocélulas dispostas em uma das paredes laterais do corredor, a 5 cm de altura do assoalho, estão alinhadas com emissores de luz infravermelha posicionados na parede oposta do corredor. Sempre que o animal interrompe o feixe de luz, ao deslocar-se pelo corredor, a fotocélula correspondente ao local no qual o animal se encontra é estimulada pela interrupção do feixe de infravermelho. Estas fotocélulas, por sua vez, estão conectadas, por meio de uma interface, a um microcomputador que, de acordo com um código previamente estabelecido e a um programa apropriado, monitora a interrupção da estimulação, registrando, em tempo real, com precisão de milésimos de segundos, o tempo de permanência do animal no corredor.

2.3. Procedimento Comportamental

2.3.1. Pré-exposição

Os animais foram colocados individualmente no labirinto, com as portas abertas,

de modo que pudessem andar livremente por todo labirinto por 5 minutos. Terminado esse período, os ratos foram retirados do aparelho e recolocados em suas gaiolas. Nesta fase não foi oferecido reforço dentro do labirinto. Cada animal foi submetido a esse procedimento por três dias sucessivos.

2.1.1. Treinamento e teste

Os ratos foram então treinados a correr pelo corredor para receberem reforço (sementes de girassol). Em cada dia de treino os animais foram submetidos a uma sessão constituída de 4 tentativas sucessivas, sem intervalo de tempo entre elas.

Cada corrida consistiu em colocar o animal na “caixa de partida” (caixa localizada à esquerda do experimentador) com as portas de comunicação com o corredor fechadas. Após alguns segundos as portas eram abertas e o animal podia deslocar-se livremente pelo corredor até encontrar o reforço, oferecido na “caixa alvo” (caixa situada na extremidade oposta da pista, à direita do experimentador). O tempo transcorrido desde a abertura da porta da caixa de partida, até a entrada do animal (com as quatro patas) na caixa alvo (latência) foi registrado a cada tentativa para posterior análise. Ao final de cada tentativa, o animal era mantido na caixa alvo até consumir todas as sementes e, em seguida, era recolocado na caixa de partida dando início à tentativa seguinte. Esse procedimento era repetido até serem completadas as 4 tentativas do dia. Ao final das 4 tentativas os ratos eram recolocados em suas gaiolas.

A quantidade de sementes de girassol variou de acordo com a tentativa e o grupo, formando dois padrões seriais distintos. No padrão M os animais receberam 14, 7, 3 e 1 sementes de girassol, respectivamente, na primeira, segunda, terceira e quarta tentativas. Diferentemente, no padrão serial NM os animais receberam 14, 3, 7 e 1 sementes, respectivamente. Sendo assim, a única diferença entre os padrões monotônico e não-monotônico foi a inversão da oferta de reforço (3 e 7 sementes) nas tentativas 2 e 3, diferenciando os padrões.

Os animais foram expostos a esse treinamento ao longo de 22 dias sucessivos.

No 23º dia foi realizado o teste, que consistiu na introdução de uma quinta tentativa similar às anteriores, realizada imediatamente após a quarta tentativa.

2.4. Análise de Dados

Os tempos de latência ao longo das tentativas foram analisados por meio de um teste de Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas, tendo Grupo como fator entre-sujeitos e Tentativas como fator intra-sujeitos, tomando-se os cuidados pertinentes para que os pressupostos desse tipo de estatística fossem atendidos. Diferenças foram

consideradas significantes quando os P-valores foram menores que 0,05.

RESULTADOS

Seis animais, 3 do grupo monotônico e 3 do grupo não-monotônico, não aprenderam a correr pelo labirinto linear e foram descartados do experimento.

Figura 1 apresenta os tempos de latência dos grupos M e NM em função da média das tentativas das quatro últimas sessões de treinamento (sessões 19, 20, 21 e 22).

A ANOVA revelou ausência de efeito significativo para os fatores Grupo ($F_{(1,22)} = 1,65$; $P = 0,2125$) ou Tentativa ($F_{(1,22)} = 3,12$; $P = 0,0913$) em relação às quatro últimas sessões de treinamento. Entretanto a ANOVA revelou interação significativa entre os fatores Grupo x Tentativa ($F_{(3,66)} = 3,83$; $P = 0,0136$).

Análises *post hoc*s mais detalhadas revelaram ainda que não houve diferenças significantes entre os grupos em nenhuma das três primeiras tentativas; porém, houve uma diferença próxima de significativa na quarta tentativa ($F_{(1,22)} = 4,03$; $P = 0,0572$). Inclusive, na comparação das três últimas tentativas com a primeira tentativa, ocorre diferença significativa apenas com a quarta tentativa ($F_{(1,22)} = 5,39$; $P = 0,0299$).

Tendo em vista esses resultados (Figura 1) é possível inferir que os ratos dos padrões M e NM memorizaram seus respectivos padrões, pois os animais submetidos ao padrão monotônico exibiram maior latência na quarta tentativa em relação às anteriores, enquanto os animais sujeitos ao padrão não-monotônico se mantêm com latências relativamente constantes até a quarta tentativa. Esses resultados sugeriram que os animais estariam em condições de serem submetidos à sessão de testes envolvendo a inclusão da quinta tentativa nunca experimentada antes.

Figura 2 mostra os tempos de latência de ambos os grupos em função das tentativas no dia do teste.

A ANOVA revelou ausência de efeito significativo em relação aos fatores principais Grupo ($F_{(1,22)} = 0,10$; $P = 0,7518$) e Tentativa ($F_{(1,22)} = 2,67$; $P = 0,1164$). Por outro lado, a ANOVA revelou a existência de interação significativa envolvendo os fatores Grupo x Tentativa ($F_{(4,88)} = 5,49$; $P = 0,0005$). De fato, a inspeção da Figura 2 revela que enquanto os animais expostos ao padrão M exibem o esperado aumento nos tempos de latência ao longo das tentativas, inclusive com aumento substancial desse escore na quinta tentativa, de teste, os animais expostos ao padrão NM exibem padrão de comportamento muito distinto, com tempos de latência relativamente maiores na primeira tentativa em relação às demais tentativas do teste, que seguem um padrão assintótico.

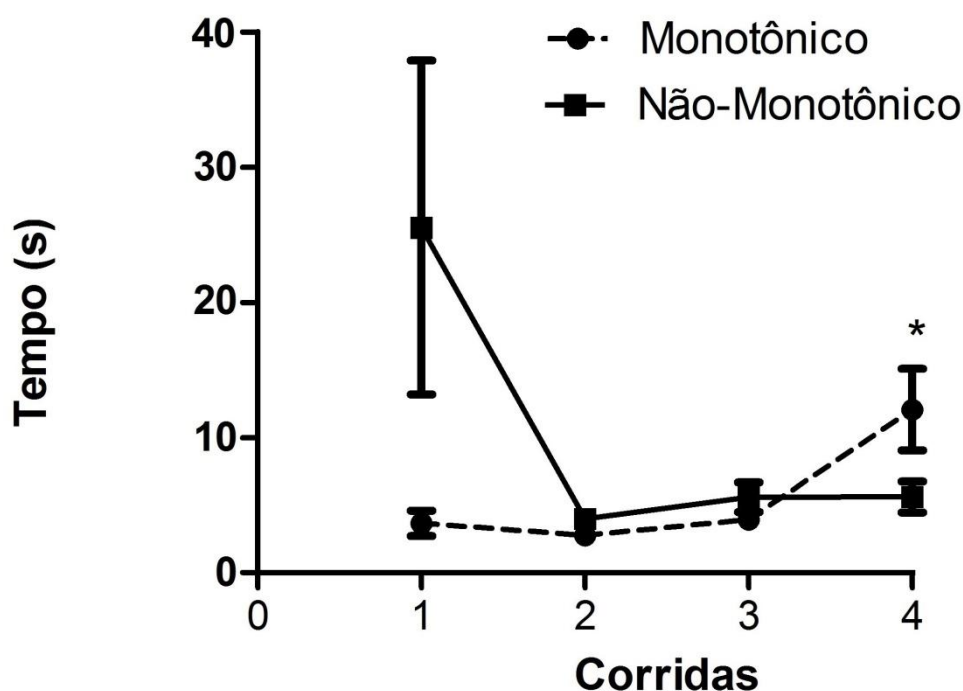


Figura 1. Média (- E.P.M.) dos tempos de latência (em segundos) das tentativas das quatro últimas sessões de treinamento dos animais expostos aos Padrões Monotônico e Não-Monotônico.

Análises *post hocs* adicionais mostraram que não há diferenças significantes entre os escores dos dois grupos nem mesmo na primeira tentativa da sessão de testes; porém, houve diferença significativa entre os escores dos dois grupos na quinta tentativa da sessão de testes ($F_{(1,22)} = 13,10$; $P = 0,0015$), indicando que os animais anteciparam em função dos conteúdos das extrapolações passíveis a partir do padrão serial a que foram expostos. Isto é, os animais expostos ao padrão monotônico exibiram substancial aumento da latência uma vez que sua extrapolação seria a da existência de menor quantidade de sementes em relação às anteriores, ao passo que os animais expostos ao padrão não-monotônico exibiram latências pequenas, uma vez que extrapolam que a quantidade de alimento disponível na quinta tentativa seria maior do que a da recebida na quarta tentativa da sessão de testes.

Uma análise adicional avaliou se houve contraste entre a primeira tentativa do teste em comparação com as quatro tentativas seguintes. Foi visto, dessa forma, diferença significativa somente na quinta tentativa ($F_{(1,22)} = 9,13$; $P = 0,0063$), concretizando que houve extrapolação no comportamento de correr dos animais testados no momento em que foram impostos a uma variável inédita até então.

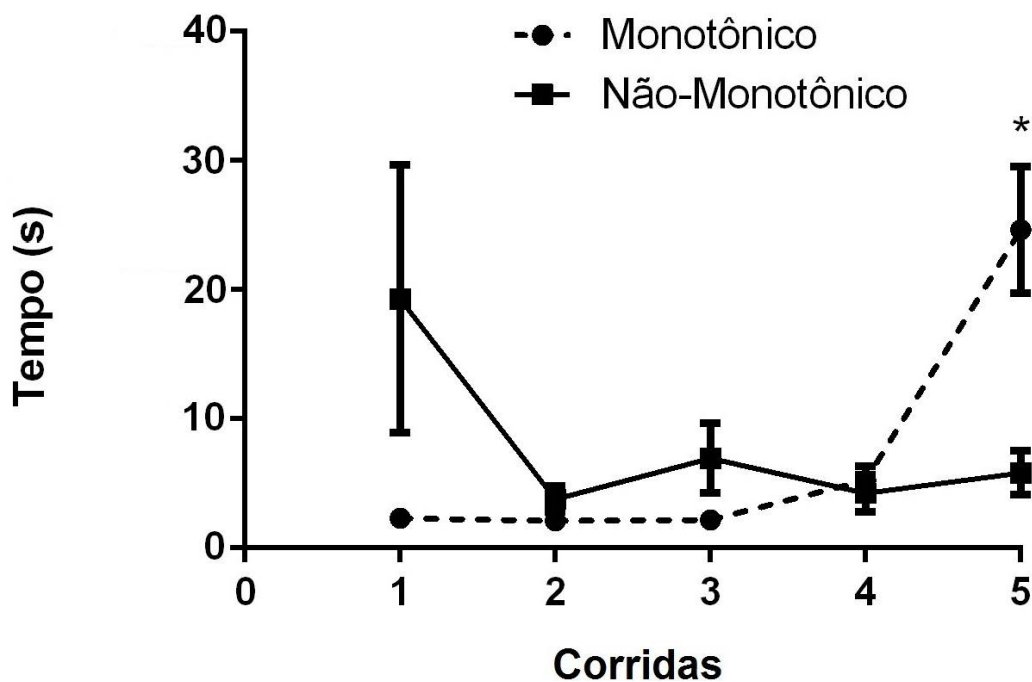


Figura 2. Média (- E.P.M.) dos tempos de latência (em segundos) dos animais expostos aos Padrões Monotônico e Não-Monotônico em função das tentativas da sessão de teste.

DISCUSSÃO

No conjunto, os resultados do presente experimento mostram que os animais extrapolam com base em padrões seriais de estímulos, sendo os conteúdos das extrapolações distintos. Enquanto os animais do grupo M exibem aumento de sua latência na quinta tentativa da sessão de testes, os animais do grupo NM mantêm sua latência nessa tentativa relativamente reduzida.

Esses resultados confirmam e estendem as observações de Fountain e Hulse (1981) e corroboram a ideia central do modelo de aprendizado por padrões seriais, que preconiza que organismos codificam uma representação de regras formais para entenderem um padrão e, desta forma, podem usar essa representação para realizarem previsões sobre novos elementos integrados (Restle & Brown, 1970).

Sendo assim, pode-se dizer que os animais do grupo não-monotônico também extrapolaram o resultado da quinta corrida apresentada a eles. Aonde, ao manterem a velocidade semelhante ao que mostraram nas corridas 1 a 4 é possível concluir que eles esperavam encontrar alguma quantidade significativa de reforço no final da tentativa 5, por isso não haveria motivo de aumentar a latência. Portanto, levando em conta que de acordo com o padrão em que foram treinados, sempre que diminuía o número de sementes na caixa-alvo (3 após 14 sementes, por exemplo), elas voltavam a aumentar na corrida seguinte (7 após 3 sementes, por exemplo), é natural, desta maneira, inferir uma certa constância, como a

vista nos resultados, das corridas desse grupo e que tal constância fosse repetida na corrida inédita.

Uma hipótese usualmente levantada para explicar o aumento de latência na quinta tentativa é que há uma novidade promovida pela adição dessa tentativa nos testes. Porém, tanto os animais expostos ao padrão monotônico como não-monotônico foram sujeitos a essa novidade, sendo que, apenas os primeiros exibiram o aumento. Esse resultado permite descartar essa interpretação.

Outra hipótese usualmente apresentada para explicar os resultados é que as diferenças comportamentais vistas no teste estão atribuídas à motivação face a diferenças na quantidade de sementes recebidas. Entretanto, veja que na última tentativa a quantidade total de reforço recebido pelos animais de ambos os grupos era exatamente a mesma, 25 sementes, de modo que essa possibilidade também pode ser descartada.

Na literatura ainda encontra-se outras interpretações para o comportamento exibido pelos ratos durante todo o experimento. Capaldi e colegas (1980) apresentaram um ponto de vista diferente para a extrapolação a partir de padrões seriais, segundo a qual ocorre uma forma de aprendizado de discriminação nos animais. Isto é, a quantidade de reforço de uma série formaria uma memória distinta que serviria de dica para o reforço que viria a seguir e assim sucessivamente. Dessa maneira, dependendo do reforço recebido pelo animal em um momento prévio, uma memória inibitória ou excitatória seria gerada, estimulando o rato a correr mais rápido ou devagar na próxima tentativa, acontecendo o que os autores chamam de “discriminação de elementos”. A

diferença entre um padrão monotônico e um não-monotônico, por exemplo, se daria porque quanto mais parecidos são os reforços entre si, mais difícil seria o aprendizado. Mas, como é visto por Fountain e Hulse (1981) e confirmado no presente conjunto de experimentos, esse raciocínio não se aplica aos resultados do teste, quando uma nova corrida é introduzida, pois as memórias guardadas pelos ratos nada podem oferecer como referência para um fato inédito até então, i.e., a quinta tentativa. Portanto, essa possibilidade também pode ser descartada, restando como hipótese explanatória mais parcimoniosa a noção de que ocorre uma extrapolação com base no padrão serial a que os animais foram expostos.

Esclarecidas possíveis discordâncias, se deve elucidar porque tanto o grupo M quanto o NM podem ter extrapolado a quinta corrida, não sendo um comportamento reservado exclusivamente para o primeiro grupo. Primeiramente, os animais do grupo monotônico podem, ao invés de prever 0 semente, prever que ao final da quinta tentativa eles terão apenas uma quantidade menor de sementes do que na corrida anterior, porque o reforço sempre diminui progressivamente a cada tentativa, o que já é suficiente para o aumento na latência. Isso implica que em um padrão não-monotônico, os ratos, ao invés de manterem velocidade constante por não aprenderem o padrão NM, ou seja, não conseguirem memorizar seu treinamento por ser mais complexo, preveem que ao final da quinta tentativa eles teriam mais do que uma semente, pois aprenderam uma regra de “menos que” seguida de “mais que”, dessa forma, mantiveram a constância na corrida visando uma recompensa satisfatória em seguida. Sendo assim, visto que os animais submetidos ao padrão M realmente extrapolam, então se pressupõe que o sistema nervoso é capaz de antecipar padrões seriais das mais diversas formas, com diferentes graus de complexidade, não se limitando a apenas formas mais simples, no caso somente a regra “menos que” do grupo M, o que poderia ser considerado um fator limitante para as variadas formas de complexidade de atividades cognitivas que roedores são capazes de desempenhar (Rowan et al. 2001; Muller & Fountain, 2010). Tal pensamento diz então que os dois grupos conseguiram extrapolar o teste, mas cada um de acordo com o padrão a que foram treinados (Saito & Xavier, 1995).

Concluindo, os resultados do presente trabalho comprovam que ratos extrapolam a partir de padrões seriais de estímulos, exibindo comportamentos compatíveis com a noção de que esses animais antecipam eventos ambientais nunca antes experienciados, com base em regularidades identificadas em registros passados mantidos na memória. Ademais, os dados sugerem que o conteúdo da previsão é compatível com a regularidade a que o animal foi exposto anteriormente.

REFERÊNCIAS

- CAPALDI, E. J.; VERRY, D. R. & DAVIDSON, T. L. Memory, serial anticipation pattern learning, and transfer in rats. **Animal Learning & Behavior**, 8, 575-585, 1980.
- FLAHERTY, C. F. & CHECKER, S. Anticipation of incentive gain. **Animal Learning & Behavior**, 10, 177-182, 1982.
- FLAHERTY, C. F. & ROWAN, G. A. Anticipatory contrast: within-subjects analysis. **Animal Learning & Behavior**, 13, 2-5, 1985.
- FLAHERTY, C. F.; COPPOTELLI, C. & POTAKI, J. Effect of Chlordiazepoxide on the Response to Repeated Reductions in Sucrose Concentration in Free-Fed Rats. **Physiology & Behavior**, 60, 1291-1298, 1996.
- FOUNTAIN, S. B. & HULSE, S. H. Extrapolation of serial stimulus pattern by rats. **Animal learning & Behavior**, 9, 381-384, 1981.
- HULSE, S. H. Cognitive structure and serial pattern learning by animals. In S. H. Hulse, H. Fowler, & W. K. Honig (Eds.), **Cognitive processes in animal behavior**. Hillsdale, N.J: Erlbaum, 1978.
- HULSE S. H. & DORSKY, N. P. Structural complexity as a determinant of serial learning. **Learning and Motivation**, 8, 488-506, 1977.
- HULSE S. H. & DORSKY, N. P. Serial pattern learning by rats: transfer of a formally defined stimulus relationship and significance of nonreinforcement. **Animal Learning & Behavior**, 7, 211-220, 1979.
- MULCAHY, N. J. & CALL, J. Apes Save Tools for Future Use. **Science**, 312, 1038-1040, 2006.
- MULLER M. D. & FOUNTAIN S. B. Concurrent Cognitive Processes in Rat Serial Pattern Learning: Item Memory, Serial Position, and Pattern Structure. **Learn Motiv.**, 41 (4), 252 – 272, 2010.
- ONISHI, B. K. A. & XAVIER, G. F. Negative anticipatory contrast: Does it involve anticipation of an impending reward? **Behavioural Processes**, 86, 263-271, 2011.
- RABY, C. R.; ALEXIS, D. M.; DICKINSON, A. & CLAYTON, N. S. Planning for the Future by Western Scrub-jays. **Nature**, 445, 919-921, 2007.
- RESTLE, F. & BROWN, E. R. Serial pattern learning. **Journal of Experimental Psychology**, 83, 120-125, 1970.

ROWAN, J. D. et al. A multiple species approach to sequential learning: Are you a man or a mouse? **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, 33 (3), 435-43, 2001.

SAITO, M. I. P. **Extrapolação a partir de padrões seriais de estímulos e memória em ratos lesados nos núcleos talâmicos anteriores**. São Paulo, 1995. 111p./Tese (mestre) – Universidade Federal de São Paulo

XAVIER, G. F.; SAITO, M. I. P. & STEIN, C. Habituation of exploratory activity to new stimuli, to absence of a previously presented stimulus and to new contexts, in rats. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, 43b, 157-175, 1991.