

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIA HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

INVESTIGAÇÕES SOBRE DISCRIMINAÇÕES SIMPLES E DISCRIMINAÇÕES
CONDICIONAIS EM ABELHAS

Antonio Mauricio Moreno

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia,
Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de doutor em Psicologia.

Orientadora: Dra. Deisy das Graças de Souza

SÃO CARLOS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIA HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

INVESTIGAÇÕES SOBRE DISCRIMINAÇÕES SIMPLES E DISCRIMINAÇÕES
CONDICIONAIS EM ABELHAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia,
Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de doutor em Psicologia.
Orientadora: Dra. Deisy das Graças de Souza

Banca Examinadora:

Dra. Deisy das Graças de Souza (UFSCar)

Dr. Júlio César Coelho de Rose (UFSCar)

Dra. Maria de Jesus Dutra dos Reis (UFSCar)

Dra. Dora Fix Ventura (USP)

Dr. Romariz da Silva Barros (UFPA)

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M843id

Moreno, Antonio Mauricio.

Investigações sobre discriminações simples e discriminações condicionais em abelhas / Antonio Mauricio Moreno. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

147 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Aprendizagem. 2. Emparelhamento com modelo. 3. Controle por seleção. 4. Controle por rejeição. 5. Abelha. I. Título.

CDD: 153.15 (20^a)




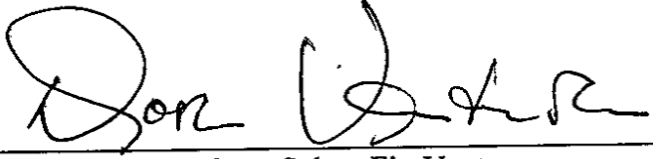
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

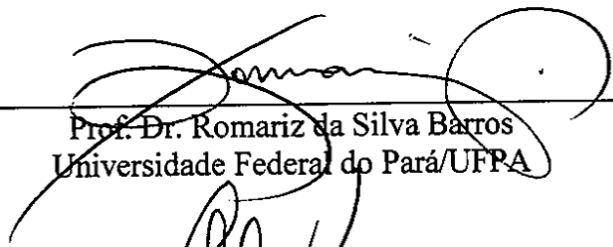
COMISSÃO JULGADORA DA TESE DE DOUTORADO

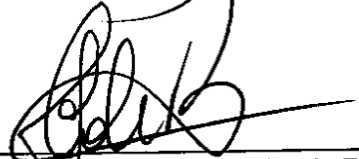
Antonio Mauricio Moreno

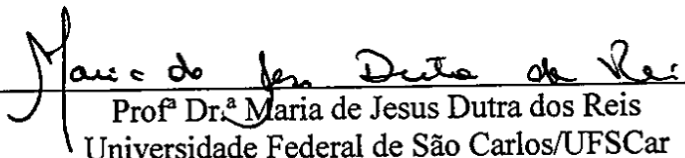
São Carlos, 23/04/2012


Prof.^a Dr.^a Deisy das Graças de Souza (Orientadora e Presidente)
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar


Prof.^a Dr.^a Dora Selma Fix Ventura
Universidade de São Paulo/USP


Prof. Dr. Romariz da Silva Barros
Universidade Federal do Pará/UFPA


Prof. Dr. Julio Cesar Coelho de Rose
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar


Prof.^a Dr.^a Maria de Jesus Dutra dos Reis
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

Submetida à defesa em sessão pública
realizada às 09:00h no dia 23/04/2012.

Comissão Julgadora:
Prof.^a Dr.^a Deisy das Graças de Souza
Prof.^a Dr.^a Dora Selma Fix Ventura
Prof. Dr. Romariz da Silva Barros
Prof. Dr. Julio Cesar Coelho de Rose
Prof.^a Dr.^a Maria de Jesus Dutra dos Reis

Homologada pela CPG-PPGpsi na
_____ª Reunião no dia ____/____/____

Prof.^a Dr.^a Azair Liane Matos do Canto de Souza
Coordenadora do PPGpsi

Moreno, A.M. (2012). Investigações sobre discriminações simples e discriminações condicionais em abelhas. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Universidade Federal de São Carlos - 147 pp.

RESUMO

Pesquisas sobre formação de classes de equivalência constituem uma abordagem experimental sobre o desenvolvimento do comportamento simbólico, o qual depende essencialmente do desenvolvimento de relações condicionais entre estímulos. O procedimento de emparelhamento com o modelo (MTS) é tipicamente usado para ensinar relações condicionais e tem sido usado também em pesquisas com abelhas. Abelhas são capazes de aprender discriminações condicionais, como relações de identidade, relações arbitrárias entre estímulos visuais, relações arbitrárias entre cores e odores e responder generalizado por identidade. Abelhas poderiam, então, ser usadas como um modelo experimental para o estudo de processos básicos envolvidos no desenvolvimento de precursores do comportamento simbólico. O principal objetivo da presente pesquisa foi estabelecer discriminações condicionais em abelhas. Outro objetivo foi testar o controle por seleção e controle por rejeição em linhas de base de discriminação simples, tendo em conta que essas relações de controle estão envolvidas no responder por exclusão. No Experimento 1, onze abelhas *M. quadrifasciata* e *M. rufiventris* foram treinadas em uma tarefa de emparelhamento por identidade. A tarefa foi aprendida pela maioria das abelhas. No Experimento 2, quatro *M. rufiventris* foram individualmente treinadas em uma tarefa de MTS arbitrário. Uma dessas abelhas apresentou indícios de aprendizagem da tarefa. No Experimento 3, vinte *Apis mellifera* e quatro *M. rufiventris* foram treinadas em uma tarefa de MTS arbitrário. Além disso, foi conduzido um teste de simetria com as *Apis mellifera*. A tarefa de MTS arbitrário foi aprendida pelas *A. mellifera*, mas não pelas *M. rufiventris*. No teste de simetria, as *A. mellifera* apresentaram desempenho com nível de precisão ao acaso, isto é, o comportamento não ficou sob controle da nova função de modelo. No Experimento 4, vinte *M. rufiventris* foram treinadas em uma tarefa de discriminação simples. Em seguida, foi conduzido um teste de controle por seleção e rejeição. Foi demonstrado tanto o controle por seleção quanto por rejeição. Por um lado, esses dados mostram que não foram produzidas discriminações condicionais estáveis. Além disso, não ocorreu emergência de simetria. Por outro lado, foram sistemática e fidedignamente produzidas discriminações simples, MTS por identidade e relações de controle por seleção e por rejeição em abelhas. Esses avanços no estudo de processos básicos de aprendizagem em abelhas podem ser um ponto de partida seguro para o estudo de repertórios relacionais complexos.

Palavras-chave: Emparelhamento com o modelo, controle por seleção, controle por rejeição, *Apis mellifera*, *Melipona quadrifasciata*, *Melipona rufiventris*

Moreno, A.M. (2012). Investigations of simple discriminations and conditional discriminations in bees. Doctorate dissertation. Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Universidade Federal de São Carlos - 147 pp.

ABSTRACT

Research on stimulus equivalence constitutes an experimental approach to assess variables underlying the development of symbolic behavior, which depends on the establishment of conditional relations between stimuli. Matching-to-sample procedure is typically used for teaching conditional discriminations, and it has been also used in early studies with honeybees. Bees are capable of learning conditional relations between stimuli, such as specific identity relations, arbitrary relations between visual stimuli, arbitrary relations between colors and odors and generalized identity matching. Therefore, basic processes involved in symbolic behavior could be studied using honeybees as an experimental model. The main objective of the present study was to establish conditional relations in honeybees. Another goal was to test for select and reject-control relations in simple discrimination baselines, since these controlling relations are involved in responding by exclusion. In Experiment 1, eleven bees *Melipona quadrifasciata* and *Melipona rufiventris* were individually trained to perform an identity matching-to-sample task. Identity relations were demonstrated by most of the bees. In Experiment 2, four *M. rufiventris* were individually trained on arbitrary relations. One of these bees demonstrated an increasing trend in accuracy in an arbitrary MTS task over the last sessions. In Experiment 3, twenty *Apis mellifera* and four *M. rufiventris* were trained to perform arbitrary relations. Additionally, *Apis mellifera* bees were presented with a symmetry test. *Apis mellifera* bees had acquired arbitrary MTS, but *Melipona rufiventris* performed at chance level. In the symmetry test, *Apis mellifera* performed at chance level. In Experiment 4, twenty *M. rufiventris* were individually trained to perform a simple discrimination task. Subsequently, each honeybee was presented to a select and reject control test. Select as much reject control had developed in simple discrimination training with *M. rufiventris*. On one hand, these data indicate that in most cases the arbitrary matching performance was not accurate. Moreover, symmetry relations did not emerge from training. On the other hand, most subjects responded highly accurately in simple discrimination and identity matching tasks. Most subjects had also demonstrated select and reject-control relations. These advancements in research on basic learning processes in bees may be a promising starting point for investigating the prerequisite repertoires involved in symbolic behavior.

Keywords: Matching-to-sample, select-control, reject-control, exclusion, *Apis mellifera*, *Melipona quadrifasciata*, *Melipona rufiventris*

O presente trabalho foi integralmente financiado pela FAPESP

Agradeço a

Deisy de Souza, principal responsável pela minha formação, pela longa e dedicada orientação;

Júlio de Rose, Dora Ventura, Romariz Barros e Maria de Jesus Dutra dos Reis, por todo o empenho e o modo entusiasmado com que enriqueceram este trabalho;

Judith Reinhard, pela oportunidade de trabalhar em um grupo tão estimulante. Agradeço seu incrível entusiasmo, generosidade e respeito pelo meu trabalho;

Charles Claudianos, Mandyam Srinivasan, Wen Wu, Alexandre Cristino e todos os colegas do QBI, *Queensland Brain Institute*, pelo decisivo apoio ao meu trabalho e, sobretudo, pela amizade;

Todos os colegas do LECH, Laboratório de Estudos do Comportamento Humano, por todos esses anos de apoio e amizade;

Fapesp;

Meus familiares;

Todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
Introdução Geral	
Alguns aspectos do trabalho experimental com abelhas	
Características gerais de abelhas dos gêneros <i>Apis</i> e <i>Melipona</i>	001
Divisão de tarefas e tempo de vida de operárias	004
Ausência de saciação	005
Preferências florais	005
Constância floral e padrões de forrageamento	009
Alojamento dos sujeitos experimentais.....	010
Identificação dos sujeitos	013
“Visitas” e intervalo entre tentativas (ITI)	014
Visão em abelhas	
Características gerais da visão em abelhas	016
Constância de cor	018
Espaço de cores	019
Aprendizagem discriminativa em abelhas	
Discriminações condicionais e comportamentos complexos.....	020
Emparelhamento por identidade	031
Controle por seleção e controle por rejeição	034
Justificativa desta pesquisa	042
Objetivos	042
Preparação de Condições Experimentais	043

Experimentos

Experimento 1- Emparelhamento por identidade em *Melipona rufiventris*

Introdução	047
Método	049
Resultados	056
Discussão	061

Experimento 2- Emparelhamento arbitrário em *Melipona*

Introdução	067
Método	068
Resultados	073
Discussão	078

Experimento 3- Emparelhamento arbitrário e teste de simetria em abelhas

Experimento 3A- Emparelhamento arbitrário e teste de simetria em *Apis mellifera*

Introdução	082
Método	083
Resultados	089

Experimento 3B- Emparelhamento arbitrário e discriminações simples em *Melipona rufiventris*

Introdução	090
Método	091
Resultados	093
Discussão Geral.....	095

Experimento 4- Teste de controle por seleção e controle por rejeição em *Melipona rufiventris*

Experimento 4A- Teste de controle por seleção e controle por rejeição: Fase 1

Introdução	100
Método	100
Resultados	108

Experimento 4B- Teste de controle por seleção e controle por rejeição: Fase 2

Introdução	115
Método	115
Resultados	119
Discussão Geral.....	121

Considerações Finais	129
Referências	134

LISTA DE TABELAS

		página
Tabela 1	Desempenho de melíponas na tarefa de emparelhamento por identidade, usando-se um aparato de controle manual (Experimento 1).	58
Tabela 2	Relações arbitrárias treinadas com melíponas usando-se um aparato de controle manual (Experimento 2).	71
Tabela 3	Relações de treino e de teste de simetria no Experimento 3.	87
Tabela 4	Condições de treino de discriminação simples e teste de controle por seleção e controle por rejeição com melíponas (Experimento 4A).	106
Tabela 5	Desempenho de melíponas em testes de controle por seleção ou de controle por rejeição (Experimento 4A).	111
Tabela 6	Condições de treino e teste controle por seleção ou de controle por rejeição (Experimento 4B).	118

LISTA DE FIGURAS

		página
Figura 1	Foto de operárias de <i>Melipona quadrifasciata</i> e de <i>Melipona rufiventris</i> .	3
Figura 2	Foto de operária de <i>Apis mellifera</i> .	3
Figura 3	Fotos de flores tipicamente visitadas <i>Apis mellifera</i> .	7
Figura 4	Fotos de flores tipicamente visitadas por <i>Melipona</i> .	8
Figura 5	Foto de duas colméias de melíponas, instaladas no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem, na Universidade Federal de São Carlos)	12
Figura 6	Foto da entrada de uma colméia de <i>Melipona quadriasciata</i> e foto de uma operária definida como sujeito experimental e marcada com tinta guache.	14
Figura 7	Representação do período de uma “visita” de uma abelha operária à situação experimental.	15
Figura 8	Funções de sensibilidade espectral de <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona quadrifasciata</i> .	18
Figura 9	Situação experimental durante tarefa de emparelhamento com o modelo por identidade, usando-se cores como estímulos (Experimento 1).	50

Figura 10	Foto e representação esquemática do dispositivo do bebedouro utilizado no Experimento 1.	51
Figura 11	Curvas acumuladas de respostas corretas e respostas e incorretas no treino de emparelhamento por identidade com <i>Melipona quadrifasciata</i> e <i>Melipona rufiventris</i> (Experimento 1).	57
Figura 12	Situação experimental durante tarefa de emparelhamento arbitrário com o modelo (Experimento 2).	69
Figura 13	Desempenho de três melíponas em treinos de emparelhamento arbitrário (Experimento 2).	75
Figura 14	Desempenhos de duas melíponas (Giselda e Rufi 9) em treino de emparelhamento arbitrário com blocos mistos (Experimento 2).	77
Figura 15	Desempenho da abelha Giselda nas três últimas sessões de treino de emparelhamento arbitrário com blocos mistos.	78
Figura 16	Foto e representação esquemática do aparato experimental utilizado no Experimento 3, para treino de emparelhamento arbitrário e teste de simetria.	84
Figura 17	Desempenho de <i>Apis mellifera</i> em treino de emparelhamento arbitrário e teste de simetria (Experimento 3).	89
Figura 18	Desempenho de <i>Melipona rufiventris</i> em treino de emparelhamento arbitrário e discriminações simples (Experimento 3).	94
Figura 19	Foto do aparato experimental utilizado no Experimento 4A, para treino de discriminação simples e teste de controle por seleção e controle por rejeição.	102
Figura 20	Curvas de distribuição espectral dos estímulos visuais (LEDs) utilizados no Experimento 4A.	103
Figura 21	Desempenho de linha de base de discriminação simples no Experimento 4A, com 20 <i>Melipona rufiventris</i> .	109
Figura 22	Situação experimental durante treino de discriminação simples e teste de controle por seleção e controle por rejeição (Experimento 4A).	116
Figura 23	Desempenho de linha de base de discriminação simples no Experimento 4B, com quatro <i>Melipona rufiventris</i> .	120

Alguns aspectos do trabalho experimental com abelhas

Características gerais de abelhas dos gêneros *Apis* e *Melipona*

Abelhas pertencem à ordem Himenóptera e família Apidae, a qual se divide nas subfamílias Apinae, Meliponinae, Bombinae e Euglossinae (Kerr, Carvalho, & Nascimento, 1996). Cerca de 25.000 espécies de abelhas já foram descritas. As abelhas sociais, como as abelhas do gênero *Apis* e do gênero *Melipona*, possuem uma colônia organizada em castas, com rainha, zangão e operárias. Quando se tornam campeiras, as operárias passam a exercer a função de explorar o ambiente em busca de pólen, néctar, água, resinas e outros materiais. Essas atividades envolvem a aprendizagem de comportamentos sofisticados para uma exploração eficiente dos recursos necessários à colméia e, por essa razão, a abelha serve como um modelo animal para estudos sobre aprendizagem discriminativa, forrageamento, escolha e preferência (p.ex., Giurfa, Núñez, Chittka, & Menzel, 1995; Menzel, 1999; Menzel, Ventura, Werner, Joaquim, & Backhaus, 1989; Pessotti, 1964; 1972; 1981).

Em espécies de abelhas sociais, a rainha geralmente tem apenas a função reprodutiva, mas as operárias nem sempre são estéreis, sendo significativa a proporção de ovos colocados por operárias. Operárias reprodutivas são muito mais comuns no gênero *Melipona* do que em outros gêneros (Tóth, Queller, Dollin, & Strassman, 2004), mas essa particularidade ainda foi pouco estudada (Velthuis, Koedam, & Imperatriz-Fonseca, 2005). Há estudos indicando que os machos não exercem apenas a função de reprodução, mas também podem se envolver em outras atividades, como de manutenção de células, desidratação de néctar e defesa do ninho (Imperatriz-Fonseca, 1973; Kerr, 1990).

Melíponas são encontradas desde a América Central até a América do Sul, sendo que o maior número de espécies desse gênero é encontrado no Brasil (Michener, 2000). A Figura 1 mostra operárias de *Melipona quadrifasciata* e de *Melipona rufiventris*.

De acordo com Kerr et al. (1996), as abelhas sem ferrão polinizam entre 40% e 90% das árvores nativas brasileiras. Em vez de produzirem favos hexagonais, como *Apis*, as melíponas armazenam mel e pólen em potes e as células de cria são horizontais e sobrepostas (Michener, 2000).

Os meliponíneos (por exemplo, os gêneros *Melipona* e *Trigona*) não possuem ferrão. Mas essas espécies possuem outras formas de defesa, como morder usando suas fortes mandíbulas. Abelhas do gênero *Oxytrigona* possuem glândulas que liberam uma substância cáustica que provoca queimaduras (Kerr et al., 1996). No presente estudo duas espécies de melíponas foram usadas, *Melipona quadrifasciata* e *Melipona rufiventris*. Em colméias de melíponas, a rainha vive pouco mais de um ano e raramente é substituída (Velthuis et al., 2005). O tempo de vida das rainhas de *Melipona* é bastante curto, se comparado ao tempo de vida das rainhas de *Apis*, que é de cerca de cinco anos, mas pode chegar a oito (Haddad, Kelbert, & Hulbert, 2007).

A subfamília Apinae compreende apenas o gênero *Apis*. A Figura 2 mostra uma operária de *Apis*. Abelhas desse gênero são caracterizadas pela produção de favos hexagonais. As células são multifuncionais, sendo usadas para alimentar as crias ou para estocar mel e pólen. O gênero *Apis* é original da Ásia, África e Europa. Além da espécie *Apis mellifera*, as outras três espécies desse gênero são *Apis florea*, *Apis dorsata* e *Apis cerana* (Michener, 2000). No presente estudo, foram usadas abelhas da espécie *Apis mellifera* em um dos experimentos.



Figura 1. Esquerda: duas operárias de *Melipona quadrifasciata*. Foto: Thiago Mlaker (Reprodução autorizada pelo autor). Direita: *Melipona rufiventris*. Foto: IB/USP – Projeto VINCES/FAPESP.



Figura 2. Campeira de *Apis mellifera* colhendo pólen em uma margarida (*Bellis perennis*). Foto: Kathy Keatley Garvey (reprodução autorizada pela autora).

Divisão de tarefas e tempo de vida de operárias

O trabalho de operárias na colméia de *Melipona* segue uma seqüência de tarefas (Camargo, Almeida, Nates-Parra, & Kerr, 1976). Após emergir da célula de cria, a operária assume as tarefas de reparar células de cria e alimentar outras operárias e a rainha. Em seguida, assume tarefas relacionadas à limpeza, manipulação de alimentos e tarefa de guarda na entrada da colméia (Wille, 1983). A última função será de campeira, colhendo pólen, néctar, barro, resina e outros materiais para a colméia. Porém, em situações adversas, as campeiras podem voltar a exercer tarefas no interior da colméia (Nogueira Neto, 1997, p. 87).

Camargo et al. (1976) observaram em uma colméia de *Melipona* que 50,9% das operárias viveram cerca de 60 dias e uma operária chegou a viver 180 dias. Estudos conduzidos neste laboratório indicam que operárias de *Melipona* podem visitar a situação experimental ao longo de cerca de 15 dias, sem alteração no ritmo de visitas. Como exceções, algumas abelhas podem continuar visitando a situação experimental por mais de 20 dias. Depois de cerca de 15 dias em situação experimental, uma operária começa a apresentar sinais de debilidade física, como dificuldade de colher xarope nos aparelhos experimentais (o que é verificado pelo aumento no tempo gasto para a tarefa), além de desorientação no vôo.

Assim como as operárias de *Melipona*, as operárias de *Apis mellifera* têm funções que normalmente seguem uma seqüência (Huang & Robinson, 1992). Após o nascimento, passam dez dias exercendo as funções de manutenção de células de cria e cuidados de outras recém-nascidas. Em seguida, passam mais 10 dias produzindo cera e mel. Em seguida, passam quatro dias exercendo a função de defesa da colméia e controle da temperatura da colméia. Então, somente depois de 22 dias após o nascimento começam a exercer a função de campeira, o que se mantém até o final da

vida. Uma operária de *Apis mellifera* vive como campeira por um período de 16 a 22 dias (Free, 1987). Portanto, um período bastante semelhante ao que observamos em nosso laboratório, com melíponas.

Ausência de saciação

Diferentemente do que em geral ocorre no trabalho experimental com outros modelos animais para estudos sobre aprendizagem, o trabalho com abelhas não envolve privação alimentar (Michael, 1982; Pessotti, 1964). O néctar coletado em situação natural é depositado na colméia. O valor reforçador do néctar é modulado pelo nível de preenchimento da vesícula melífera de uma campeira ao longo do contínuo vazia (privação máxima) – cheia (saciação).

Em uma situação experimental, usa-se uma solução de açúcar a 50% (xarope) como reforço para as respostas definidas como corretas. Uma vez iniciado o treino discriminativo no início da manhã, uma abelha mantém o responder constante até o final da sessão, sem alteração na “motivação” (Pessotti, 1964; 1969). Contudo, alterações no ritmo da visitação ou mesmo longas pausas podem ocorrer durante alterações bruscas no clima (chuva ou ventania).

Preferências florais

Na situação de forrageio, abelhas devem aprender quais espécies de flores são mais vantajosas em uma determinada área, em um determinado momento, mas essas escolhas também podem ser influenciadas por preferências inatas.

Giurfa et al. (1995) observaram que operárias de *Apis mellifera* sem nenhuma experiência de forrageamento tinham preferência por azul e verde, enquanto Lehrer, Horridge, Zhang e Gadagkar (1995) observaram que essas abelhas também apresentam preferência inicial por flores com padrões radiais. Simonds e Plowright (2002)

encontraram resultados semelhantes com mamangavas (*Bombus impatiens*). Operárias novatas dessa espécie apresentaram preferência por flores artificiais azuis e amarelas e preferiram flores artificiais com padrões radiais a flores artificiais com padrões concêntricos. Rodriguez, Gumbert, de Ibarra, Hunze e Giurfa (2004) mostraram que mamangavas sem experiência de forrageamento no ambiente natural respondiam com mais frequência a flores artificiais apresentadas como formas em preto e branco com um padrão de simetria, em vez de escolher flores com padrões assimétricos.

Asteraceae, Arecaceae e Rubiaceae são exemplos de famílias de plantas exploradas por *Apis mellifera* (Ramalho, Silva, & Carvalho, 2007). Da família Asteraceae são bastante conhecidas, por exemplo, o girassol (*Helianthus annuus*), o crisântemo (*Chrysanthemum* sp.), a margarida (*Bellis perennis*) e o assa-peixe (*Vernonia polyanthes*) (Figura 3). Ramalho, Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca (1989) destacaram plantas das famílias Myrtaceae, Melastomataceae, Solanaceae e Leguminosae (Mimosoideae) como importantes fontes de pólen e néctar para abelhas do gênero *Melipona* (Figura 4). Foram citadas como algumas características comuns nessas plantas as flores radiais (simetria radial), as cores branco (Myrtaceae e Mimosoideae) e púrpura (Solanaceae e Melastomataceae). Os autores também destacaram a raridade de flores amarelas entre essas categorias de plantas, o que surpreende pelo fato de que flores amarelas estão entre as mais atrativas a abelhas (Baker & Hurd, 1968; Harbone, 1977).

Em certa medida, a preferência inicial por certas cores está correlacionada com a quantidade de néctar ou qualidade oferecida por uma espécie floral. Por exemplo, Giurfa et al. (1995) observaram que *B. terrestris* forrageando em um campo próximo à cidade de Berlim preferiam flores de cor violeta e azul, as quais, de fato, apresentavam melhor qualidade de néctar.



Figura 3. Exemplos de flores tipicamente visitadas por *Apis*. Painel superior: *Solanum jasminoides*. Foto: Leo Michels (domínio público). Painel inferior: Flor de *Vernonia polyanthes*, conhecida como assa-peixe. Foto: Paulo Schwirkowski (Reprodução autorizada pelo autor).



Figura 4. Flores tipicamente visitadas por campeiras do gênero *Melipona*. Acima: flor de goiabeira (*Psidium guajava*). Foto: Mauro Guanandi. Abaixo: Flor de *Tibouchina granulosa*, conhecida como “quaresmeira”. Foto: Alexandre C. Leite (reprodução das fotos autorizada pelos autores).

Mas a preferência por certas espécies de flores também pode estar relacionada a habilidades físicas de uma espécie de abelhas. Ramalho et al. (1989) observaram que a alta frequência de visitação a flores de Solanaceae, Melastomataceae e Myrtaceae por abelhas do gênero *Melipona* se deve ao fato que essas abelhas estão melhor preparadas para extrair o pólen dessas flores por vibração.

Embora o efeito de preferências florais seja superado pela aprendizagem, há dados indicando que preferências iniciais ressurgem em certas condições, como quantidades semelhantes de néctar e pólen entre as espécies florais disponíveis (Banschbach, 1994; Gumbert, 2000; Heinrich, Mudge, & Deringis, 1977).

Constância floral e padrões de forrageamento

Um interessante padrão de forrageamento em abelhas (e também em outros insetos) é a *constância floral* (Eickwort & Ginsberg, 1980; Waser, 1983). As abelhas não distribuem suas visitas às flores aleatoriamente, mas, em vez disso, tendem a visitar flores da mesma espécie ao longo de vários pousos. Não está claro como esse padrão é adaptativo, uma vez que ao restringir as visitas a flores da mesma espécie, uma abelha forrageadora pode rejeitar flores com a mesma quantidade ou qualidade de néctar e pólen.

Uma hipótese é que a constância floral resulte de limitações de memória de curto-prazo, no sentido em que abelhas podem não ser capazes de lidar com várias associações estímulo-reforçador durante a mesma viagem de forrageio (Chittka, Gumbert, & Kunze, 1997; Menzel, 1999; Raine & Chittka, 2005).

Alguns poucos estudos forneceram dados em relação ao número de flores visitadas em cada viagem de forrageamento. Entre outros parâmetros de forrageamento investigados até o momento, podem ser citados o tempo gasto para coletar néctar ou

pólen em uma flor e voar para a próxima flor, ou apenas o tempo gasto para voar de uma flor para outra. Djonwangwé, Tchuenguem e Messi (2011) relataram que abelhas da espécie *Apis mellifera* forrageando em flores da espécie *Ximenia americana* gastaram 5,58 s em cada flor, em média, em uma observação conduzida em 2006, e gastaram 5,80 s em cada flor, em média, em uma observação conduzida em 2007.

Em um estudo de Menezes, Silva, Singer e Kerr (2007), abelhas da espécie *Apis mellifera* gastaram 3,45 s, em média, forrageando em flores da espécie *Schefflera arboricola*, visitando 56,2 flores, em média, em cada viagem de forrageamento. Roubik (1981) mostrou que *Apis* gastavam 15,5 s, em média, para visitar consecutivamente três flores da espécie *Baltimora recta* (Compositae), enquanto campeiras da espécie *Trigona corvine* gastavam 25,6 s, em média, para realizar a mesma tarefa.

Alojamento dos sujeitos experimentais

Estudos sobre aprendizagem em abelhas podem envolver o uso de sujeitos de uma única colméia, mas também podem envolver sujeitos de várias colméias e mesmo de espécies diferentes. Por exemplo, Pessotti e Carli-Gomes (1981) conduziram um estudo comparando o desempenho discriminativo nas espécies *Melipona quadrifasciata anthidioides*, *Melipona rufiventris* e *Apis mellifera adansonii*.

Tipicamente, uma ou mais colméias são instaladas nas proximidades do laboratório onde são conduzidos os experimentos. A Figura 5 mostra duas colméias (*Melipona rufiventris* e *Melipona quadrifasciata*) instaladas no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem, na Universidade Federal de São Carlos, onde foi conduzida a maior parte desta pesquisa. As colméias foram instaladas junto a uma janela protegida com grades. A única saída de cada colméia era voltada para a janela, o que permitia que uma abelha voasse para fora ou para dentro da sala.

A Figura 5 também mostra uma colméia de *Apis mellifera*, instalada em uma “Bee House”, no *Queensland Brain Institute, University of Queensland*, Austrália, onde foi conduzido o Experimento 3A.

Uma das principais vantagens do uso de abelhas em pesquisas experimentais em comparação ao uso de outros animais é o baixo custo para a aquisição dos sujeitos. Em nosso laboratório, uma das colméias em uso (de *Melipona quadrifasciata*) foi adquirida por R\$150,00 e outra colméia (de *Melipona rufiventris*) foi adquirida por R\$ 350,00¹. Eventualmente, uma colméia pode enfraquecer e ser abandonada. Contudo, a necessidade de substituição de colméias é pouco freqüente. Em nosso laboratório, uma colméia se manteve ativa por cerca de 10 anos.

Outra vantagem do uso de abelhas em pesquisas experimentais em comparação ao uso de outros animais é a facilidade de manutenção dos sujeitos. Não é necessário fornecer alimentação ou água, que são obtidos pelas próprias abelhas no ambiente natural.

Para efeito de comparação, deve-se notar que no trabalho experimental com camundongos e ratos os animais são tipicamente alojados em uma caixa de polipropileno equipada com uma grade superior metálica, comedouro e bebedouro. Uma caixa pode alojar cinco ou seis ratos ou cerca de 15 camundongos. Um conjunto de 10 caixas é instalado em uma prateleira metálica especialmente desenvolvida para essa função. Outro item indispensável nesse trabalho é a balança eletrônica. Em conjunto, esses itens básicos têm um valor estimado em R\$ 3.310,00².

¹ Valores equivalentes a cerca de US\$ 83,00 e US\$ 194,00, respectivamente, em 28 de Março de 2012.

² Conforme orçamento fornecido em 16 de fevereiro de 2012, pela empresa Insight Equipamentos, Ribeirão Preto, São Paulo. Valor equivalente a cerca de US\$ 1829,00 em 28 de Março de 2012. ²



Figura 5. Colméias utilizadas neste estudo. Painéis superiores: colméia de *Melipona quadrifasciata* (à esquerda) e colméia de *Melipona rufiventris* (à direita), instaladas no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem (UFSCar). Painel inferior: colméia de *Apis mellifera*, instalada em uma “Bee House”, no *Queensland Brain Institute, University of Queensland, Austrália*.

Identificação dos sujeitos

Em estudos sobre aprendizagem discriminativa em abelhas (p. ex. von Frisch, 1924; Pessotti, 1964), um procedimento tipicamente tem início quando na primeira sessão o experimentador posiciona um recipiente com uma solução açucarada junto à entrada da colméia que fornecerá os sujeitos experimentais.

Depois de alguns minutos, algumas abelhas começam a sobrevoar o recipiente e finalmente pousam sobre o objeto. Depois de colher o xarope, essas abelhas retornam à colméia, onde depositam o xarope. Em seguida, a cada 10 ou 15 minutos, o experimentador pode afastar o recipiente, enquanto o move em direção ao aparato localizado no interior da sala experimental. Várias abelhas poderão ser observadas “acompanhando” o recipiente. Depois de menos de 30 minutos essas abelhas facilmente encontrarão o recipiente disposto próximo ao aparato experimental.

Em algum momento, o experimentador poderá definir apenas uma abelha como sujeito experimental. A abelha então recebe uma marca colorida sobre o dorso (Figura 6), feita com tinta guache (conforme Pessotti, 1967). Cada vez que uma abelha retorna da colméia para a situação experimental, ela encontrará o recipiente com xarope disponível. As demais abelhas serão afastadas cada vez que se aproximarem do recipiente. Depois de algumas visitas sem conseguir alimento no recipiente, essas abelhas provavelmente voltarão a coletar no ambiente natural. É importante destacar que nesse tipo de procedimento as abelhas não são confinadas. Mesmo uma abelha definida como sujeito experimental pode deixar a situação experimental para coletar em ambiente natural. Seu uso como sujeito experimental depende exclusivamente do emprego de condições adequadas para competir com o forrageio no campo.



Figura 6. Painéis esquerdo e central: pires contendo solução de açúcar colocado próximo à entrada da colméia. Gradualmente, o pires é deslocado para o interior da sala e colocado sobre a mesa onde se encontra o aparato experimental. Painel direito: operária de *M. quadrifasciata* identificada com uma marca de tinta vermelha sobre o dorso.

“Visitas” e intervalo entre tentativas (ITI)

Uma vez que tem início uma fase de treino, uma abelha voa até o aparato experimental, onde pode emitir uma determinada resposta operante. Se emitir uma resposta definida como correta, a abelha tem acesso livre ao xarope e despende cerca de 30 segundos a um minuto recolhendo a solução. Depois disso, volta à colméia, onde gasta aproximadamente mais um minuto depositando o xarope colhido. Em seguida, tipicamente essa abelha sai da colméia e voa de volta para o aparato experimental. Então, define-se como *visita* o período que começa quando a abelha deixa a colméia e pousa sobre o aparato experimental, e termina quando a abelha retorna à colméia (tendo ou não obtido xarope). Esse ciclo é representado na Figura 7.

Assim, uma visita é determinada não apenas pela contingência arranjada pelo experimentador, mas também pelo tempo que a abelha gasta voando da colméia para o aparato, e vice-versa, pelo tempo gasto recolhendo xarope no aparato e pelo tempo gasto depositando o xarope na colméia. Nesse conjunto de variáveis, a distância entre a colméia e o aparelho é crítica.

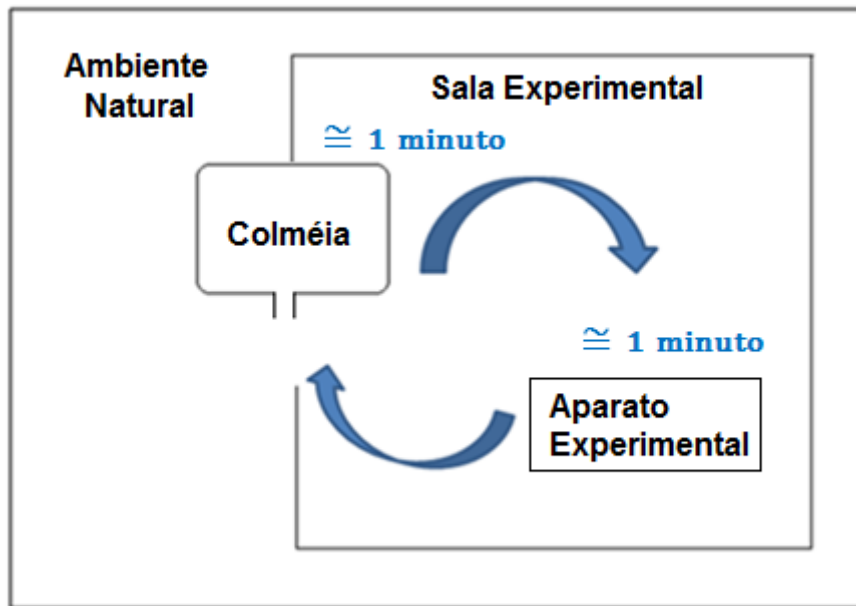


Figura 7. Representação do período de uma “visita” de uma abelha operária à situação experimental.

Se a distância for muito extensa, o custo de resposta pode contribuir para tornar a visita ao aparelho menos “atraente” do que a visita a flores, fora do laboratório. Se for muito curta, pode favorecer a manutenção de muitas abelhas buscando simultaneamente o aparelho experimental.

Em um procedimento de aprendizagem, o *intervalo entre tentativas* (ITI) poderia ser definido como o intervalo que inicia quando a abelha deixa o aparato carregando xarope, prossegue enquanto a abelha deposita o xarope, e termina quando a abelha pousa novamente sobre o aparato. Contudo, embora seja bastante útil para avaliar a regularidade do responder, essa medida de ITI não pode ser usada como um parâmetro experimental, como em estudos com outras espécies, uma vez que não pode ser manipulado experimentalmente com precisão.

A distinção entre *visita* e tentativa é útil porque alguns procedimentos podem definir que o reforçador consistirá em acesso ao xarope por um tempo inferior ao que é

necessário para que a vesícula melífera de uma abelha fique repleta de xarope. Nesse caso, tipicamente a abelha permanecerá na situação experimental, até que outras respostas sejam reforçadas com a liberação de xarope para a coleta e então ela fique repleta de xarope e retorne à colméia. Ainda, alguns procedimentos podem definir que o responder será estabelecido e mantido em esquema de reforço intermitente, e nesse caso poderão ser registradas várias respostas por visita.

Visão em abelhas

Embora a discriminação entre aromas em abelhas esteja documentada (Giurfa, Zhang, Jenett, Menzel, & Srinivasan, 2001; Srinivasan, Guez, & Zhang, 2004; Srinivasan, Zhang, & Zhu, 1998), os estudos sobre aprendizagem discriminativa em abelhas tipicamente empregam estímulos visuais, em vez de estímulos de outras modalidades. Na presente pesquisa, em todos os experimentos foram empregados apenas estímulos visuais, tendo em conta que discriminações simples entre estímulos visuais são estabelecidas rapidamente. Por outro lado, as tarefas de discriminação entre estímulos olfativos dependem de condições experimentais bastante mais sofisticadas do que as condições experimentais necessárias para as tarefas de discriminação entre estímulos visuais (conforme discutido adiante, na seção “Preparação de Condições Experimentais”).

Características gerais da visão em abelhas

Daumer (1956, como citado em Backhaus, 1993) conduziu um experimento no qual abelhas eram treinadas a discriminar entre diversas misturas de luzes monocromáticas. A partir de dados sobre quais misturas não podiam ser discriminadas, foi possível deduzir que abelhas são tricromatas, ou seja, possuem visão que depende da contribuição de três tipos de fotoreceptores.

O olho composto da *Apis mellifera* contém cerca de 5.000 omatídeos (U. Jander & Jander, 2002) e cada omatídeo contém nove células fotoreceptoras. Dados iniciais indicaram que cada omatídeo do olho composto da *Apis* possui quatro receptores com sensibilidade máxima para verde (540 nm), dois para azul (440 nm) e três para ultravioleta (340 nm) (Menzel & Backhaus, 1991; Ventura & Menzel, 1990). Contudo, dados mais atuais indicaram a existência de três diferentes tipos de omatídeos, cada um com uma própria composição de células fotoreceptoras (Wakakuwa, Kurasawa, Giurfa, & Arikawa, 2005).

Os fotoreceptores com sensibilidade máxima para verde são importantes para que uma abelha perceba uma flor em função do contraste de sua cor em relação ao fundo verde das folhas. O modo como as folhas estimulam os fotoreceptores para verde são comparados com o modo como a flor estimula os fotoreceptores para verde. No painel (a) da Figura 8 é mostrado um registro da composição espectral de luz solar, a reflectância³ espectral da flor de *Trifolium pratense* (Fabaceae) e a reflectância espectral das folhas verdes que compõem o fundo. Nos painéis (b) e (c) são apresentadas as curvas de sensibilidade espectral para as abelhas *Apis mellifera* e *Melipona quadrifasciata*.

O contraste entre flor e fundo, de fato, é fundamental para a discriminação. No estudo de Lunau, Wacht e Chittka (1996), abelhas da espécie *Bombus terrestris* mostravam preferência por flor artificial azul ou flor artificial amarela, a depender da cor do fundo. Com o fundo branco, as duas flores recebiam proporções semelhantes de visitas. Com o fundo azul claro, eram registrados mais pousos sobre a flor amarela. Com o fundo verde, eram registrados mais pousos sobre a flor azul.

³ Razão entre a quantidade de luz refletida e a quantidade de luz incidente.

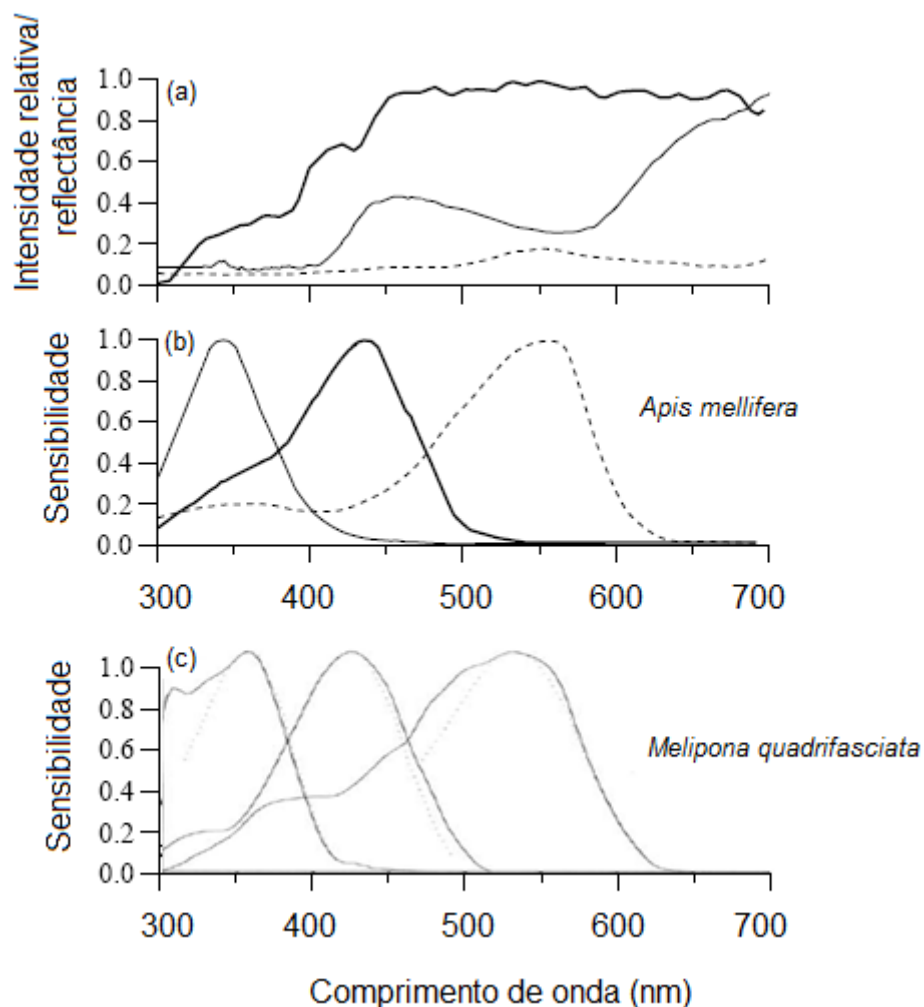


Figura 8. Painel superior (a): a linha mais grossa representa um registro de composição espectral de luz solar; a linha mais fina representa a reflectância espectral da flor de *Trifolium pratense*; a linha tracejada representa a reflectância espectral das folhas verdes que compõem o fundo. As três funções são usadas para calcular os loci no espaço de cores da abelha. O sinal espectral gerado em um fotoreceptor ao olhar para a flor é resultado de sua própria sensibilidade espectral, da composição espectral do objeto colorido e da luz que ilumina a vegetação. Painel inferior (b): funções de sensibilidade espectral de *Apis mellifera*. Linha fina, receptor UV; linha grossa, receptor para azul; linha tracejada, receptor para verde. Adaptado de Gumbert, Kunze e Chittka (1999) (reprodução autorizada pelos autores); (c): funções de sensibilidade espectral de *Melipona quadrifasciata*. Adaptado de Menzel et al. (1989) (reprodução autorizada pelos autores).

Constância de cor

O sinal espectral refletido por uma flor e percebido por uma abelha depende de propriedades espectrais dos pigmentos das flores e da qualidade espectral da fonte de radiação que ilumina uma flor (Kevan & Backhaus, 1998). Portanto, a atratividade de uma flor depende do modo como uma abelha responde a variações na iluminação do ambiente.

A constância de cor é a capacidade de identificar um estímulo por suas propriedades espectrais, independentemente da distribuição espectral do iluminante. É importante que abelhas apresentem constância de cor, uma vez que a luz do Sol varia significativamente ao longo do dia, com relação à sua distribuição espectral (Dyer, 1998; Endler, 1993). Se as propriedades espectrais da luz solar que incide sobre as flores variam, a luz refletida também variará, de tal modo que se faz necessário um mecanismo que compense essa variação e permita que o observador reconheça o objeto nessas diferentes condições como sendo o mesmo.

Essa capacidade foi demonstrada em abelhas (Neumeyer, 1981; Werner, Menzel, & Wehrhahn, 1988), embora seja limitada em certas condições, como variações na composição de ultravioleta (Dyer, 1999; Dyer & Chittka, 2004).

Espaço de cores

Como base no modo como a imagem de uma flor estimula os diferentes fotoreceptores, alguns modelos têm sido formulados para prever como abelhas percebem flores de diferentes espécies como mais ou menos diferentes. Esses modelos, chamados de “espaços de cores” (Backhaus, Menzel, & Kreissl, 1987; Chittka, Beier, Hertel, Steinmann, & Menzel, 1992; Menzel, 1979; Menzel, Ventura, Hertel, Souza, &

Greggers, 1986; Ventura & Menzel, 1989) são representações gráficas que indicam a “distância” perceptual entre estímulos visuais.

Um espaço de cores é construído a partir da função de reflectância da flor, da sensibilidade espectral do animal e da distribuição espectral da luz que incide sobre a planta (Gumbert et al., 1999). Por exemplo, as estimulações de fotoreceptores para UV, azul e verde em *Apis mellifera* ao perceber uma determinada flor são medidas e então normalizadas (assumem valores entre 0 e 1) e dessas medidas é derivado um valor que é representado como um ponto em um espaço plano de três eixos equidistantes, no qual cada extremo indica a sensibilidade máxima para um dos fotoreceptores. Dados experimentais que usam técnicas de registro intracelular podem então ser comparados com dados experimentais que envolvem treinos discriminativos e testes de generalização (Gumbert et al., 1999; Menzel, Ventura, Werner, Joaquim, & Backhaus, 1989).

Em conjunto, resultados de estudos sobre visão em abelhas (Backhaus et al., 1987; Chittka et al., 1992; Menzel, 1979; Menzel et al., 1989; Ventura & Menzel, 1990) fornecem dados sobre quais estímulos visuais são mais adequados para o uso em tarefas discriminativas. Na presente pesquisa, por exemplo, abelhas são treinadas a relacionar estímulos visuais em tarefas de discriminação condicional. Nesse sentido, quando os sujeitos não adquirem a tarefa é fundamental excluir a possibilidade de que esse resultado não ocorreu devido à dificuldade (impossibilidade) de discriminar entre os estímulos visuais utilizados.

Aprendizagem discriminativa em abelhas

Discriminações condicionais e comportamentos complexos

Em uma situação de discriminação simples, um estímulo discriminativo invariavelmente estabelece ocasião para respostas operantes reforçadas, enquanto o responder na presença de outros estímulos é colocado em extinção.

No estabelecimento de relações condicionais entre estímulos, por outro lado, a função de um estímulo, como S+ (na presença do qual o responder é reforçado) ou como S- (na presença do qual o responder é colocado em extinção) depende de outro estímulo, chamado estímulo condicional. Assim, usando uma terminologia que simplifica a descrição dessa alternância das condições reforçadoras em função de “contextos” específicos, dizemos, por exemplo, que a presença do estímulo condicional A1 define o estímulo B1 como correto, enquanto define o estímulo B2 como incorreto. De modo complementar, a presença do estímulo condicional A2 define o estímulo discriminativo B2 como correto, enquanto define o estímulo B1 como incorreto. Em resumo, quando ocorre a aprendizagem, dizemos que foram estabelecidas as relações condicionais A1B1 e A2B2.

Pode-se admitir que a flexibilidade para variar o comportamento em função de alternâncias de condições reforçadoras no ambiente, em maior ou menor grau, tem valor de sobrevivência para a maioria dos organismos (Fantino & Logan, 1979). Essa interpretação é confirmada com dados como os do estudo de Kolterman (1973). O autor mostrou que campeiras da espécie *Apis mellifera carnica*, mais facilmente encontradas na Europa Central, revertiam rapidamente uma preferência inicial por um estímulo olfativo em favor de um estímulo alternativo quando esse segundo estímulo passava a ser pareado com uma solução de açúcar mais concentrada. Quando o mesmo experimento foi conduzido com abelhas da espécie *Apis cerana*, nativas da Índia, os

dados mostraram que a *Apis cerana* não possui a mesma flexibilidade para reverter preferências iniciais. O autor discutiu os dados em função da diferença entre os ambientes ocupados pelas duas espécies. As abelhas indianas ocupam regiões tropicais nas quais a quantidade de néctar apresentada pela maioria das flores se mantém constante ao longo do ano. É improvável que a quantidade de néctar apresentada por uma determinada flor varie drasticamente. Na Europa Central, por outro lado, com estações bem distintas, um determinado odor pode estar pareado a uma flor com alta concentração de néctar em uma época, mas, em outra época, outro odor estará associado com as flores mais vantajosas. Assim, a flexibilidade para reverter preferências é pouco importante para a *Apis cerana* indiana, mas fundamental para a sobrevivência da europeia *Apis mellifera carnica*.

Humanos com desenvolvimento típico aprendem discriminações condicionais rapidamente. Porém, participantes muito jovens ou com déficit intelectual podem apresentar dificuldades em aprender esse tipo de repertório (p. ex., McIlvane, Kledaras, Killory-Andersen, & Sheiber, 1989). Essa dificuldade levou ao surgimento de um amplo conjunto de pesquisas na área da Análise do Comportamento com o objetivo de desenvolver procedimentos de ensino que facilitam a aprendizagem de relações condicionais. Por exemplo, no estudo de Zygmunt, Lazar, Dube e McIlvane (1992) eram ensinadas inicialmente relações de identidade. Gradualmente os estímulos modelo eram transformados de tal modo que as relações por identidade eram transformadas em relações arbitrárias (“modelagem do estímulo modelo”).

A partir do ensino de relações arbitrárias entre estímulos é possível, em certas condições, observar a emergência de novas relações entre estímulos. Por exemplo, após terem sido estabelecidas as relações A1B1 e A2B2 podem-se apresentar, em algumas tentativas, o estímulo B1 ou o estímulo B2 como modelo, e os estímulos A1 e A2 como

estímulos de comparação. Se na presença do modelo B1 o sujeito consistentemente escolhe A1 em vez de A2 e na presença de B2 escolhe consistentemente o estímulo A2 em vez de A1, então se diz que esse desempenho (emergência das relações B1A1 e B2A2, ou simplesmente BA) atesta que as relações ensinadas possuem propriedade de *simetria*.

A propriedade de *transitividade* é demonstrada se após o estabelecimento de relações do tipo AB e BC emergem relações do tipo AC. Nesse caso, após terem sido ensinadas as relações A1B1, A2B2, B1C1 e B2C2, o sujeito escolhe C1 somente se o modelo é A1 e escolhe o estímulo C2 somente se o modelo é A2, ou seja, as relações A1C1 e A2C2 são observadas sem que tenham sido diretamente ensinadas.

Conforme o modelo proposto por Sidman e Tailby (1982), após terem sido ensinadas relações condicionais entre três ou mais conjuntos de estímulos, a emergência de certas relações entre estímulos atestariam que as relações treinadas possuem as propriedades de reflexividade, simetria e transitividade, ou seja, atestariam a formação de *classes de equivalência*. Assim, por exemplo, os estímulos A1, B1 e C1 seriam interpretados como pertencentes a uma classe de estímulos equivalentes. A outra classe de equivalência seria formada pelos estímulos A2, B2 e C2.

Em certos contextos, os estímulos pertencentes a uma classe de equivalência são “permutáveis uns pelos outros” (Catania, 1999). A formação de classes de equivalência tem sido adotada como um modelo de laboratório do comportamento simbólico. De acordo com tal modelo, uma relação arbitrária entre dois estímulos pode ser entendida como uma relação do tipo signo-referente (relação simbólica) quando é atendido o critério operacional de emergência das relações de simetria, reflexividade e transitividade (Sidman & Tailby, 1982; Wilkinson & McIlvane, 1997).

A criação e manipulação de símbolos ou relações entre símbolos são, portanto, a base para a formação de comportamentos mais complexos, como a formação de conceitos e

a linguagem e, desse modo, resultam na própria constituição da cultura humana (p. ex., de Rose, 1993; de Rose & Bortolotti, 2007).

O uso de modelos animais para o estudo do comportamento simbólico e repertórios mais básicos, como relações condicionais entre estímulos, poderia apresentar-se como uma alternativa aos estudos sobre comportamento simbólico com humanos, tendo em conta a facilidade de se manter um controle experimental adequado e pelo fato de que os dados estão livres de viés cultural.

Estudos sobre estabelecimento de discriminações condicionais com não-humanos, contudo, têm produzido resultados variáveis. Uma das principais dificuldades no estabelecimento desse tipo de repertório com não-humanos diz respeito ao controle pela posição dos estímulos. Kamil e Sacks (1972) treinaram pombos em um procedimento de emparelhamento de identidade no qual o estímulo modelo era sempre apresentado em uma chave central do aparato e os dois estímulos de comparação eram sempre apresentados nas chaves laterais. Uma resposta na chave central apagava a luz projetada nessa chave e, imediatamente, as duas chaves laterais eram iluminadas (emparelhamento com atraso zero). Em tentativas nas quais o modelo (na chave central) projetava vermelho, uma resposta à chave lateral vermelha era seguida de reforço, enquanto uma resposta à chave lateral verde não tinha consequência programada. Em tentativas nas quais o modelo era verde, uma resposta à chave lateral verde era seguida de reforço, mas não uma resposta à chave lateral vermelha. Assim, os diferentes arranjos de estímulos para cada tentativa poderiam ser descritos como *vermelho-vermelho-verde*, *verde-vermelho-vermelho*, *vermelho-verde-verde* e *verde-verde-vermelho* tal que, nessa notação, a segunda cor indica sempre o modelo (chave central). Todas as combinações podiam ser apresentadas durante o treino, com exceção da combinação *verde-verde-vermelho*. No decorrer desse treino, foram estabelecidos

desempenhos acurados, sugerindo controle condicional pelo estímulo apresentado na chave central, conforme o procedimento de emparelhamento com o modelo. Todavia, em certo momento do treino a combinação *verde-verde-vermelho* passou a ser apresentada em algumas tentativas. Enquanto o desempenho se manteve acurado em tentativas com as combinações “velhas”, para a combinação *verde-verde-vermelho* o desempenho apresentava-se ao nível do acaso. Esses resultados sugeriram que o procedimento não estabeleceu discriminações condicionais, mas apenas respostas específicas para cada “configuração”. Por exemplo, a combinação *verde-vermelho-vermelho* controlava a seqüência de respostas “primeira resposta ao centro, segunda resposta à direita”. Posteriormente, resultados desse tipo, indicando controle por posição, foram obtidos por Iversen, Sidman e Carrigan (1986), com macacos, por Iversen (1997), com ratos, e por Lionello e Urcuioli (1998), com pombos.

Discriminações condicionais (relações arbitrárias) entre estímulos também podem ser aprendidas por abelhas. Cooke, Couvillon e Bitterman (2007) ensinaram relações arbitrárias a abelhas da espécie *Apis mellifera* usando estímulos projetados sobre um monitor de vídeo disposto horizontalmente. O monitor de vídeo era montado no chão da sala onde se encontrava a colméia. Na região do monitor de vídeo mais próxima da colméia era projetada uma figura que deveria funcionar como estímulo modelo. Mais adiante na tela, eram projetadas duas figuras, cada uma a 17 cm do estímulo modelo, as quais deveriam funcionar como estímulos de comparação. No início de cada tentativa, uma abelha podia colher uma pequena porção de xarope (10 µl) disposta sobre a área na qual era projetado o estímulo modelo. Segundo os autores, essa porção era recolhida em 5 s, aproximadamente. Em seguida, podia colher outra porção de xarope maior (100 µl) depositada sobre a área na qual era projetado o estímulo de comparação definido como correto. Sobre o estímulo definido como incorreto, era

depositada uma gota de água. Uma abelha só pode distinguir entre água açucarada e água pura entrando em contato com as soluções (Cooke et al., 2007). Após cada tentativa, a superfície era limpa, para evitar que as abelhas se orientassem por dicas olfativas. Um dos estímulos modelo era um triângulo isósceles amarelo contendo vários pontos pretos. O outro modelo era um quadrado branco com listras pretas igualmente espaçadas. Os estímulos de comparação eram um disco violeta e um disco verde. Para metade das abelhas, o triângulo definia o disco violeta como comparação correto, enquanto o quadrado definia o disco verde como comparação correto. Por balanceamento, o inverso era definido para outra metade das abelhas. As abelhas eram marcadas e treinadas individualmente. Foram conduzidos dois experimentos. Para um grupo de oito abelhas, definido como *Grupo Simultâneo*, modelo e comparações eram projetados durante todo o tempo de uma visita. Para o *Grupo com Atraso*, quando uma abelha começava a recolher o xarope depositado sobre o modelo, esse estímulo era apagado e, imediatamente, eram projetados os estímulos de comparação. Uma vez que as abelhas gastavam 5 s, em média, para recolher esse xarope, o tempo de 5 s era definido como o atraso no emparelhamento. Era realizada uma única sessão de treino com 24 tentativas. Os sujeitos do *Grupo Simultâneo* apresentaram, em média, 74% de respostas corretas. Os sujeitos do *Grupo com Atraso* apresentaram, em média, 67% de respostas corretas.

Pessotti (1969, 1981) realizou um estudo em que foram estabelecidas discriminações condicionais em 10 abelhas da espécie *Mellipona rufiventris*. Foram utilizados dois aparelhos iguais, posicionados lado a lado, e cobertos com discos de material plástico (ambos azuis ou ambos amarelos). Entre os dois aparelhos havia uma peça retangular do mesmo material e da mesma cor. No interior de cada aparelho estava localizada uma lâmpada. Cada uma das caixas possuía uma alavanca e um bebedouro. A

resposta operante consistia em pressionar a alavanca, posicionada próxima ao bebedouro. Quando uma abelha pressionava a barra, essa resposta era automaticamente registrada por um sistema eletro-mecânico e operava um interruptor, produzindo a apresentação de uma solução de açúcar. A cada tentativa, cada um dos dois aparelhos era apresentado com um disco de uma cor (a cor era a mesma nos dois aparelhos e na peça retangular entre esses aparelhos) e esta cor era definida como estímulo modelo. Os estímulos de comparação eram constituídos por lâmpadas de 6 Watts: em um dos aparelhos a lâmpada era acesa, enquanto no outro a lâmpada permanecia apagada. Inicialmente Pessotti ensinava a cada um dos sujeitos a resposta de pressão à barra. Em seguida, cada sujeito era submetido a um treino de discriminação simples entre lâmpada acesa e lâmpada apagada. Quando era atingido o critério de seis acertos consecutivos, tinha início o treino de reversão de discriminação. Já no início dessa fase de reversão, um estímulo condicional era posicionado junto aos aparelhos: por balanceamento, para metade das abelhas os discos azuis eram apresentados em todas as tentativas dessa fase em que a lâmpada acesa funcionava como S+ e a lâmpada apagada funcionava como S-. Após seis acertos consecutivos, tinha início a 2a. reversão de discriminação (quando a lâmpada apagada voltava a funcionar como S+), com os discos amarelos sendo posicionados sobre os aparelhos em todas essas tentativas, até o início da próxima reversão. Esse processo de reversões sucessivas seguia até que fosse atingido o seguinte critério de aprendizagem: a) seis acertos consecutivos em uma fase de reversão; b) quatro acertos consecutivos a partir da primeira tentativa da reversão seguinte. Quando esse critério era atingido, tinha início a fase de treino de discriminação condicional propriamente dita, quando os estímulos condicionais se alternavam em uma seqüência aleatória. O critério de aprendizagem da discriminação condicional, 75% de respostas corretas entre as 30 primeiras respostas dessa fase, foi atingido por todas as 10 abelhas

submetidas ao procedimento. O procedimento durava cinco dias (cinco sessões), em média, para cada abelha. Embora um estímulo condicional fosse apresentado desde o início da primeira reversão de discriminação, os desempenhos estabelecidos nesse treino não poderiam ser interpretados como desempenho em discriminação condicional, pois o mesmo estímulo era mantido em todas as tentativas, até que fosse alcançado o critério de aprendizagem, ou seja, tal desempenho poderia ser interpretado apenas como discriminação simples, uma vez que poderia ser estabelecido sem que o responder estivesse sob controle desse estímulo condicional. Um determinado desempenho poderia ser interpretado como discriminação condicional em um treino no qual os estímulos condicionais se alternassem aleatoriamente, de tal modo que o responder discriminado dependesse, a cada tentativa, de qual era o estímulo condicional apresentado. Pessotti justificou a apresentação de estímulos condicionais logo após o estabelecimento da primeira discriminação simples argumentando que esse procedimento aceleraria o estabelecimento de controle condicional em um momento posterior do treino – quando os estímulos condicionais se alternassem randomicamente. Contudo, os estímulos de um conjunto funcionavam sempre como estímulos modelo e os estímulos de outro conjunto funcionavam sempre como estímulos de comparação, ou seja, esse estudo não envolveu testes de relações inversas às relações treinadas, que atestariam a emergência de simetria.

A partir de um procedimento adaptado do procedimento geral de Pessotti (1969, 1981), Moreno, Rocca, Oliveira e de Souza (2005) estabeleceram discriminações condicionais em oito abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e conduziram um teste de emergência de relações de simetria, isto é, inverteram as funções de modelos e comparações. O procedimento consistiu em uma adaptação do procedimento de emparelhamento com o modelo, de tal modo que a presença ou ausência de luz era

empregada como estímulo condicional e as cores azul e amarelo como estímulos discriminativos. As cores eram apresentadas por semicírculos de material emborrachado sustentados por duas caixas retangulares de madeira, cada uma posicionada sobre uma caixa experimental, a uma distância de 15 cm uma da outra. Cada lâmpada estava localizada sobre uma das caixas. Cada caixa era equipada com um alimentador operado externamente por uma haste. Uma abelha podia voar da colméia para o aparato experimental e obter o xarope condicionalmente ao pouso direto sobre o estímulo de comparação definido como S+ em uma tentativa particular. Depois de instalada a linha de base, foram conduzidas sondas de simetria em extinção, intercaladas com tentativas de linha de base. Nas sondas, os discos coloridos tinham a função de estímulos condicionais (as duas caixas mostravam os discos de uma mesma cor, azul ou amarelo) e a presença e a ausência de luz eram usadas como estímulos discriminativos. As discriminações condicionais foram estabelecidas com todas as abelhas e seis entre as oito abelhas alcançaram o critério de simetria emergente (respostas consistentes com a linha de base em pelo menos cinco entre seis tentativas). Contudo, os desempenhos de discriminações condicionais nos estudos de Pessotti (1981) e de Moreno et al. (2005) podem ser interpretados alternativamente. Os sujeitos poderiam estar respondendo sob controle de configurações de estímulos (Iversen et al. 1986; Kamil & Sacks, 1972), ou seja, os desempenhos seriam de discriminação simples. No procedimento de Pessotti (1981), os estímulos poderiam ser descritos como, por exemplo, “disco amarelo com lâmpada acesa no centro” (S+), “disco azul com lâmpada apagada no centro” (S+), “disco amarelo com lâmpada apagada no centro” (S-) e “disco azul com lâmpada acesa no centro” (S-). Assim, por exemplo, toda resposta junto ao aparelho sinalizado com “disco amarelo com lâmpada acesa no centro” (S+) seria invariavelmente seguida de reforço, enquanto toda resposta junto a um aparelho sinalizado com “disco amarelo com

lâmpada apagada no centro” (S-) seria invariavelmente colocada em extinção. A mesma interpretação pode ser aplicada aos resultados do estudo de Moreno et al. (2005).

Abelhas podem aprender relações arbitrárias entre estímulos de modalidades diferentes. Reinhard, Srinivasan e Zhang (2004) ensinaram abelhas da espécie *Apis mellifera* a coletar uma solução açucarada em flores artificiais coloridas e com aroma. Fases de treino nas quais as abelhas eram treinadas a coletar xarope em cartões amarelos com aroma de rosa alternavam-se a fases de treino nas quais as abelhas eram treinadas a coletar em cartões azuis com aroma de limão. Todas as abelhas treinadas eram identificadas. Em uma situação de teste, os pesquisadores dispunham as flores artificiais sem xarope na área experimental, a 50 m da colméia, borrifavam aroma de rosa dentro da colméia que forneceu os sujeitos, por oito minutos, e então registravam as visitas das abelhas treinadas à área experimental. Em seguida, borrifavam o aroma de limão também por oito minutos. Nessa situação de teste, as abelhas consistentemente visitaram mais flores artificiais amarelas, em seguida à apresentação do aroma rosa dentro colméia, assim como visitaram com mais frequência as flores azuis, em seguida à apresentação de aroma de limão dentro da colméia.

Dyer, Whitney, Arnold, Glover e Chittka (2006) mostraram que abelhas da espécie *Bombus terrestris* podem aprender relações entre cores e temperaturas. Uma vez que a manutenção da temperatura corporal pode representar um gasto elevado de energia para os polinizadores, a temperatura das flores pode funcionar como reforçador. Inicialmente, as abelhas aprendiam a coletar xarope em oito flores artificiais. Quatro flores eram púrpuras e apresentavam solução açucarada a uma temperatura de $28,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$; quatro flores eram cor-de-rosa e apresentavam solução açucarada a uma temperatura de $20,8 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. A quantidade de néctar era a mesma para todas as flores. As abelhas mostraram preferência significativa pelas flores púrpuras. Para outro grupo de

abelhas, quando as relações cor-temperatura foram invertidas, a preferência pelas flores com néctar mais quente (agora as flores cor-de-rosa) ainda foram observadas.

Srinivasan et al. (1998) ensinaram abelhas da espécie *Apis mellifera* a relacionar aromas a cores. O aparato utilizado para ensinar as relações condicionais consistia em duas câmaras interligadas, sendo que a câmara posterior apresentava duas saídas; uma dava acesso a xarope; a outra dava acesso apenas a água. As abelhas eram ensinadas a entrar pela primeira câmara, atravessar a segunda câmara e sair por um dos dois braços finais. Quando a entrada da primeira câmara apresentava aroma de limão, a saída da segunda câmara que apresentava uma placa azul dava acesso ao alimentador. Quando a entrada estava sinalizada com aroma de manga, a saída sinalizada com uma placa amarela fornecia alimento. Por balanceamento, a outra metade dos sujeitos aprendia as relações manga – azul e limão – amarelo. Após um dia de treino nessa condição, eram conduzidas por volta de 80 tentativas de teste em extinção. A proporção de respostas corretas nesse teste foi de aproximadamente 80%.

Emparelhamento por identidade

O procedimento de “emparelhamento por identidade” (ou *Identity Matching-to-Sample*) tem sido usado para verificar a formação do conceito de igualdade em humanos (Kelly, Green, & Sidman, 1998; Levin & Maurer, 1969; Saunders & Sherman, 1986) e em não-humanos (Barros, Galvão, & McIlvane, 2002; Cumming & Berryman, 1961). Tipicamente, uma tentativa de treino é iniciada com a apresentação de um estímulo modelo; uma resposta a esse estímulo é seguida pela apresentação de dois ou mais estímulos de comparação. Uma resposta ao estímulo de comparação idêntico ao modelo é seguida de reforço, enquanto respostas a estímulos diferentes são colocadas em extinção.

Mas o conceito de igualdade não é demonstrado apenas pela aprendizagem de algumas relações de identidade específicas. É necessário também verificar se a escolha do estímulo de comparação idêntico ao modelo ocorre com estímulos inéditos (ou “indefinidos”). O desempenho positivo nesse teste evidencia o responder sob controle de estímulos por “identidade generalizada” (Barros et al., 2002). Por exemplo, em uma fase inicial do procedimento, diante do modelo verde, o sujeito aprende a escolher o estímulo de comparação verde, em vez do vermelho; e, diante do modelo vermelho, aprende a escolher o comparação vermelho, em vez do verde. Em uma fase posterior do procedimento, podem ser apresentadas tentativas de teste em extinção nas quais, diante do modelo “quadrado”, o sujeito escolhe o comparação “quadrado”, em vez de “triângulo”; e, diante do modelo “triângulo”, escolhe o comparação “triângulo”, em vez de “quadrado”.

O desempenho de identidade generalizada é facilmente demonstrado em humanos. Por exemplo, Brown, Brown e Poulson (1995) demonstraram esse desempenho em crianças com idade entre dois e três anos. Mas estudos com não-humanos têm produzido resultados variáveis.

Cumming e Berryman (1961) usaram um procedimento de emparelhamento com o modelo para ensinar a três pombos as relações de identidade vermelho-vermelho, azul-azul e verde-verde. Discriminações acuradas foram estabelecidas depois de cerca de oito sessões. Em seguida, cada pombo foi submetido a duas sessões nas quais eram treinadas as relações vermelho-vermelho, verde-verde, além da relação amarelo-amarelo (que substituíva o treino da relação azul-azul). Respostas corretas eram reforçadas em todas as tentativas. Enquanto a proporção de respostas corretas era alta nas tentativas com o modelo vermelho ou verde, as respostas corretas ficaram ao nível do acaso nas tentativas de treino da relação de identidade amarelo-amarelo, indicando que os sujeitos

não aprenderam emparelhamento por identidade generalizada, mas apenas as relações condicionais especificamente treinadas (vermelho-vermelho, verde-verde e azul-azul).

No estudo de Brown, McKeon, Curley, Weston, Lambert e Lebowitz (1998), um grupo de abelhas da espécie *Apis mellifera* foi treinado com as relações de identidade verde-verde e violeta-violeta (Grupo *Matching*). Outro grupo foi treinado com as relações verde-violeta e violeta-verde (Grupo *Non-Matching*). O grupo treinado na tarefa de emparelhamento por identidade (Grupo *Matching*) apresentou desempenho significativamente acima do acaso, enquanto o grupo treinado na tarefa de *oddy-from-sample* (Grupo *Non-Matching*) teve desempenho significativamente abaixo do acaso. Ou seja, para o grupo *Non-Matching*, diante do modelo verde, os sujeitos respondiam com mais frequência ao estímulo de comparação verde (idêntico), embora a relação verde-violeta estivesse sendo treinada. De modo complementar, diante do modelo violeta, respostas ao estímulo de comparação violeta (idêntico) eram mais prováveis do que respostas ao estímulo de comparação verde, embora a relação violeta-verde estivesse sendo treinada. Esses resultados, portanto, sugerem que os sujeitos responderam sob controle de estímulo por identidade, independentemente de quais eram os estímulos.

O primeiro estudo a relatar identidade generalizada em abelhas foi conduzido por Giurfa et al. (2001). Na situação experimental havia um túnel pelo qual a abelha podia chegar voando a duas saídas alternativas, uma das quais dava acesso à solução açucarada. A entrada do túnel era sinalizada com um estímulo modelo e cada uma das duas saídas era sinalizada com um estímulo de comparação, ou seja, todas as tarefas eram de emparelhamento com o modelo atrasado. Foram utilizados como estímulos, além das cores azul e amarelo, padrões em preto e branco e odores. Os estímulos visuais eram constituídos por discos de 11 cm, posicionados verticalmente, e a resposta

consistia em “atravessar” o estímulo (voar por um orifício no centro do estímulo). A linha de base era estabelecida depois de no máximo 80 tentativas. Após a fase de treino, cada sujeito era submetido a uma fase de teste em extinção, quando o par de estímulos utilizado no treino era substituído por um novo par de estímulos. A proporção de respostas corretas foi de cerca de 70%, em média, tanto no treino quanto no teste de identidade generalizada. Antes desse estudo, esse tipo de desempenho havia sido demonstrado apenas em vertebrados.

Apenas recentemente foram relatados dados que indicam mais claramente a aquisição de identidade generalizada em pombos (Katz & Wright, 2008; Wasserman, Hugart, & Kirkpatrick-Steger, 1995) ou em ratos (Peña, Pitts, & Galizio, 2006). O emparelhamento por identidade generalizada também foi demonstrado em outras espécies como, por exemplo, em golfinhos (Herman, Hovancik, Gory, & Bradshaw, 1989; Herman & Gordon, 1974), leões-marinhos (Kastak & Schusterman, 1994; Pack, Herman, & Roitblat, 1991), chimpanzés (Oden, Thompson, & Premack, 1988) e macacos-prego (Barros et al., 2002; Lima, Barros, & Dahás, 2007).

Em relação a resultados de teste de identidade generalizada, o uso do termo “conceito” justifica-se pelo fato de que o sujeito aprende a responder a uma abstração (Alessi, 1987; Keller & Schoenfeld, 1950). Enquanto aprende a responder a relações entre estímulos específicos, o sujeito eventualmente aprende o comportamento de “escolher o igual”, que é generalizado e, portanto, independe de especificidades dos estímulos apresentados. Ou seja, o desempenho em um teste de identidade generalizada implica em um comportamento mais complexo, tipicamente atribuído a humanos (Keller & Schoenfeld, 1950).

Responder por exclusão: Controle por seleção e controle por rejeição

Na Análise Experimental do Comportamento, a aprendizagem de determinados repertórios complexos é estudada em termos de aprendizagem de relações entre estímulos. A aquisição de vocabulário, por exemplo, envolve essencialmente a aprendizagem de relações entre palavras faladas ou escritas e objetos, ações ou outras relações.

Mas a sofisticação de processos como a aquisição de vocabulário não envolve apenas a aprendizagem de relações diretamente ensinadas. Comportamentos novos podem derivar de uma situação de ensino. Por exemplo, se uma criança aprendeu a apontar para a figura de uma bola ao ouvir a palavra *bola*, ela poderá, ao ouvir uma palavra indefinida (p. ex., *zagú*), “excluir” a figura da bola e corretamente apontar para um objeto que ela não conhece (indefinido). Um desempenho desse tipo é definido como “responder por exclusão” (Dixon, 1977). Eventualmente, essa relação palavra-objeto será mantida em outros contextos, do mesmo modo que a relação entre a palavra falada *bola* e a figura de uma bola, mesmo não tendo sido diretamente ensinada como a primeira (mesmo que no princípio a resposta ao objeto novo tenha sido controlada por rejeição ao objeto conhecido frente à palavra nova). Nesse último caso, diz-se que ocorreu “aprendizagem por exclusão”. A aprendizagem por exclusão tem sido investigada como um recurso para tornar mais econômicos os procedimentos para ensino de vocabulário (Domeniconi, Costa, de Souza, & de Rose, 2007), de leitura (de Rose, de Souza, & Hanna, 1996), ou mesmo para ensinar repertórios mais básicos, como no estudo de McIlvane e Stoddard (1981), com indivíduos com deficiência intelectual severa.

O responder por exclusão vem sendo amplamente demonstrado tanto em participantes com desenvolvimento típico quanto em participantes com déficits

cognitivos (Carey & Bartlett, 1978; Costa, McIlvane, Wilkinson, & de Souza, 2001; Dixon, 1977; Dixon, Dixon, & Spradlin, 1983; Golinkoff, Hirsh-Pasek, Bailey, & Wenger, 1992; Golinkoff, Mervis, & Hirsh-Pasek, 1994; Markman, 1989; McIlvane & Stoddard, 1981), enquanto os dados sobre aprendizagem por exclusão ainda são inconclusivos (Costa et al., 2001; Domeniconi et al., 2007; Wilkinson & McIlvane, 1997), isto é, nem sempre o responder por exclusão é seguido, após uma única tentativa, por aprendizagem da relação entre os estímulos. Consideremos, por exemplo, uma sonda de exclusão em que são apresentados o modelo indefinido N1 e os estímulos de comparação N2 e B2. Se previamente o participante aprendeu a relacionar A2 a B2, é possível que, nessa sonda, responda por exclusão escolhendo N2, em vez de B2. Contudo, essa resposta não é uma garantia de que o participante tenha aprendido uma nova relação condicional, N1-N2. Essa aprendizagem só poderá ser verificada se, em novas sondas apresentando o modelo N1, o participante escolher N2, independentemente de quais são os outros estímulos de comparação. Não obstante os resultados variáveis em estudos sobre aprendizagem por exclusão, tem sido verificado que quando o indivíduo tem oportunidades repetidas, a aprendizagem é mais rápida e regular após oportunidades de responder por exclusão do que após responder por ensaio e erro (Ferrari, de Rose, & McIlvane, 1993).

Conforme apontado por Wilkinson, de Souza e McIlvane (2000), o fato de que o responder por exclusão é tipicamente demonstrado mesmo em populações com déficits cognitivos severos torna praticamente impossível investigar quais são os pré-requisitos desse desempenho em humanos. Nesse sentido, o uso de modelos animais para o estudo do responder por exclusão apresenta-se como uma alternativa para investigar experimentalmente as condições que facilitam o estabelecimento desse tipo de

desempenho e, posteriormente, investigar quais são as condições que facilitam a aprendizagem por exclusão.

Determinadas áreas de pesquisa com não-humanos sobre o estabelecimento de repertórios comportamentais complexos, como a formação de classes de equivalência (Sidman & Tailby, 1982), produziram quase sempre resultados negativos (Lionello & Urcuioli, 2002; Lipkens, Kop, & Matthijs, 1988; Sidman, Rauzin, Lazar, Cunningham, Tailby, & Carrigan, 1982). Contudo, mesmo resultados desse tipo revelam-se bastante úteis, na medida em que fornecem pistas sobre quais variáveis são importantes no controle experimental para o estabelecimento dos comportamentos visados. O insucesso na produção de repertórios complexos em não-humanos pode se dever ao estabelecimento de topografias de controle de estímulos diferentes das relações de controle planejadas pelos experimentadores (Dube & McIlvane, 1996; McIlvane, Serna, Dube, & Stromer, 2000).

A literatura mostra, por exemplo, que o controle por posição pode ser decisivo no estabelecimento de controle de estímulos não planejados (Iversen, Sidman, & Carrigan, 1986; Kamil & Sacks, 1972).

Conforme o exemplo de Sidman (1980), o treino das relações condicionais do tipo A1B1 e A2B2 poderia produzir as seguintes topografias de controle de estímulos: “Se A1, então B1; se A2, então esquerda”. Assim, um sujeito respondendo sob esse controle de estímulos produziria reforço em 100% das tentativas com o modelo A1, enquanto produziria reforço em 50% das tentativas com o modelo A2 (considerando-se que o estímulo de comparação definido como correto, B2, apareceria do lado esquerdo em 50% das tentativas). No total, o sujeito produziria reforço em 75% das tentativas, o que poderia ser suficiente para manter esse padrão de responder ao longo de todo o treino. Contudo, as relações de controle de estímulos seriam bastante diferentes do que

foi definido pelo experimentador, o que implica variabilidade no responder em sondas de desempenho emergente.

Importante notar que alguns estudos sobre aprendizagem em abelhas (Brown et al., 1998, Giurfa et al., 2001) têm adotado somente critérios estatísticos para definir a aquisição de repertórios discriminativos. Ou seja, proporções de respostas corretas significativamente acima do nível do acaso são aceitas como demonstração de aprendizagem. No estudo de Giurfa et al. (2001), por exemplo, em um teste de identidade generalizada foram registradas proporções de respostas corretas em torno de 70%. Além disso, deve ser destacado que nesses estudos são usados dados agregados, em vez de dados individuais. Os achados como os de Iversen, Sidman e Carrigan (1986) e de Kamil e Sacks (1972), sobre responder sob controle por posição, e a análise de Sidman (1980) sugerem que mesmo uma acurácia de 75% pode resultar do estabelecimento de controles de estímulo não planejados pelo experimentador. O uso de dados agregados pode ser explicado pela dificuldade em se conduzir um procedimento de treino completo com um sujeito por vez. Em estudos conduzidos previamente neste laboratório, com melíponas, observou-se que é relativamente fácil conduzir o treino com uma abelha por vez. Por outro lado, no trabalho com *Apis mellifera*, observa-se que as operárias voam em pequenos grupos, o que torna conveniente o trabalho com vários sujeitos simultaneamente, embora as respostas sejam registradas individualmente.

Sidman (1960, pp. 258-259) propôs que um critério de aprendizagem pode ser considerado adequado se permite que as relações funcionais entre variáveis independentes e variáveis dependentes sejam replicáveis. Em outros termos, apenas garantir que seja atendido um critério de aprendizagem, por mais estrito que seja, não permite interpretar com segurança os resultados de um único estudo, isoladamente.

Treinos discriminativos com não-humanos poderiam produzir topografias de controle de estímulos menos evidentes do que a descrita no exemplo de Sidman (1980). Nesse caso, pode-se prever que linhas de base aparentemente acuradas produziriam resultados negativos em testes de relações emergentes em um paradigma de equivalência de estímulos (Carrigan & Sidman, 1992; Johnson & Sidman, 1993).

Outro aspecto importante do estabelecimento de repertórios discriminativos diz respeito ao modo como o estímulo definido como correto e o estímulo definido como incorreto exercem controle sobre o responder. Em uma tarefa discriminativa, respostas ao estímulo definido como correto (S+) podem ser controladas apenas por esse estímulo, de tal modo que a presença do estímulo definido como incorreto (S-) não tem influência sobre a resposta de escolha, o que é chamado de controle por seleção. Por outro lado, é possível que na tarefa discriminativa se estabeleça um controle no qual o responder seja controlado pela presença do estímulo S-. Nesse caso, o sujeito *rejeita* o S- e então responde ao S+, o que é chamado de controle por rejeição (Johnson & Sidman, 1993).

Com não-humanos, o responder por seleção é tipicamente estabelecido, mas não o responder por rejeição (Cumming & Berryman, 1965). Contudo, o responder sob controle por rejeição em não-humanos é relatado em alguns estudos (Cruz, Picanço, & Barros, no prelo; Goulart, Mendonça, Barros, Galvão, & McIlvane, 2005; Tomonaga, 1993; Zentall, Edwards, Moore, & Hogan, 1981).

Em uma situação de sonda de controle por rejeição, tipicamente o sujeito é apresentado ao estímulo que vinha funcionando como S- juntamente com um estímulo novo (indefinido), o qual substitui o estímulo de comparação que vinha funcionando como S+. Se o responder estiver sendo controlado pelo S-, espera-se que o sujeito rejeite o S- e responda ao estímulo novo. Contudo, o comportamento de se aproximar

ou responder a estímulos desconhecidos é improvável com muitas espécies, o que é chamado de neofobia (Mitchell, Scott, & Williams, 1973; Seferta, Guay, Marzinotto, & Lefebvre, 2001). De fato, a neofobia foi relatada, por exemplo, com macacos (Asano, Kojima, Matsuzawa, Kubota, & Murofushi, 1982) e com pombos (Zentall, Edwards, Moore, & Hogan, 1981). Rozin (1976) observou que diante de um alimento conhecido e um alimento novo, de mesma qualidade, apresentados simultaneamente, ratos tendem a escolher o alimento conhecido. Desse modo, resultados negativos em sondas de controle por rejeição podem resultar da baixa probabilidade de respostas ao estímulo novo, em vez de, propriamente, ausência de controle pelo S-.

Um método para avaliar o controle por seleção e o controle por rejeição foi desenvolvido por McIlvane et al. (1987). Nesse procedimento, em certas tentativas de uma tarefa discriminativa o estímulo definido como S- é substituído por uma “janela vazia” (*blank comparison*). Se o sujeito escolhe o estímulo S+, em vez do comparação vazio, isso indicaria controle por seleção. Em outras tentativas, o estímulo correto (S+) pode ser substituído por um comparação vazio. Se o sujeito escolhe o estímulo de comparação vazio em vez do S-, isso indicaria controle por rejeição.

No estudo de Goulart et al. (2005), com dois macacos-prego, ao ser estabelecida uma discriminação simples simultânea entre dois estímulos, a função dos estímulos era revertida (reversões repetidas). Quando era atingido um critério de reversões rápidas de discriminação, era conduzido um teste de controle por seleção e controle por rejeição usando-se o procedimento de “comparação vazio” ou “máscara”. Em sondas de controle por seleção, uma figura formada por um quadrado branco substituíva o estímulo S-. Em sondas de controle por rejeição o mesmo estímulo (quadrado branco) substituíva o estímulo S+. Nas sondas iniciais, um dos sujeitos apresentou responder sob controle por seleção, mas não controle por rejeição. O outro sujeito respondeu ao acaso tanto nas

sondas de controle por seleção quanto nas sondas de controle por rejeição. Em um segundo experimento foi conduzido um treino com três tipos de tentativas. Em um tipo de tentativa, eram apresentados simultaneamente S+ e S-, sendo reforçadas as respostas ao primeiro estímulo e colocadas em extinção as respostas ao último estímulo. Em outro tipo de tentativa, eram apresentados simultaneamente o estímulo S+ e a “máscara”, sendo que apenas respostas ao primeiro estímulo eram reforçadas. Em outro tipo de tentativa, eram apresentados S- e “máscara”, sendo que respostas à “máscara” eram reforçadas. Ou seja, o controle por seleção e controle por rejeição eram diretamente ensinados. Na fase de teste, a máscara era substituída por um estímulo indefinido nas sondas de controle de rejeição e por outro estímulo indefinido nas sondas de controle por seleção. Dessa vez, nas sondas de controle por seleção, os sujeitos apresentaram apenas respostas consistentes com esse controle (respostas ao S+, em vez de respostas ao estímulo indefinido) e apresentaram controle por rejeição em 22 de 24 sondas (escolhiam a “máscara” em vez do S-). Este foi o primeiro estudo a usar o procedimento de “máscara” para estabelecer diretamente o controle por seleção e por rejeição em não-humanos.

O responder por exclusão é um processo básico de comportamento emergente, derivado de aprendizagem discriminativa, diretamente envolvido no comportamento simbólico. Por esta razão, torna-se fundamental verificar sua generalidade, sobretudo com não-humanos. Tendo em conta a capacidade de aprender vários tipos de tarefas discriminativas, abelhas apresentam um grande potencial como modelo para a investigação do responder por exclusão, a partir da investigação sistemática do estabelecimento de relações de controle por seleção e controle por rejeição em uma situação experimental.

No contexto de uma pesquisa sobre o estabelecimento de discriminações condicionais, como neste estudo, os dados sobre responder sob controle por seleção e responder sob controle por rejeição são importantes para identificar controle condicional incompleto. Por exemplo, em uma situação hipotética um sujeito pode ser treinado com as relações do tipo A1B1 e A2B2 e apresentar responder acurado, sugerindo a aprendizagem das relações treinadas. Contudo, se um teste de controle por seleção e de controle por rejeição mostra que o responder foi mantido apenas por controle por rejeição, esse resultado indicará que, de fato, as relações treinadas não foram aprendidas. Em uma sonda de controle por seleção, após responder ao modelo A1, o sujeito será apresentado aos estímulos de comparação B1 e “máscara”. Nesse tipo de tentativa, o responder ao estímulo de comparação é imprevisível, uma vez que o estímulo de comparação B2 não está presente (estímulo que controlava a resposta de escolher o B1 durante o treino).

Justificativa desta pesquisa

O estabelecimento de discriminações condicionais é pré-requisito para o desenvolvimento de repertórios comportamentais mais complexos, como comportamento simbólico e linguagem. Tendo em conta a capacidade de aprender vários tipos de tarefas discriminativas, abelhas apresentam um grande potencial como modelo para a investigação das variáveis envolvidas no desenvolvimento desses comportamentos complexos, ou pelo menos em seus precursores. Além disso, a investigação sobre o estabelecimento de controle de estímulos por seleção e controle de estímulos por rejeição em repertórios discriminativos justifica-se pela necessidade de se identificar fontes de controle de estímulo incompatíveis com as relações de controle planejadas pelo experimentador, uma vez que as relações de controle na linha de base têm papel decisivo na emergência de comportamentos novos.

Objetivos

O principal objetivo desta pesquisa, organizada em quatro experimentos, foi investigar condições experimentais que facilitam o estabelecimento de discriminações condicionais em três diferentes espécies de abelhas.

Um dos experimentos teve por objetivo estudar o estabelecimento do controle por identidade. Dois outros experimentos tiveram por objetivo estudar o estabelecimento de relações arbitrárias, sendo que um desses experimentos também teve por objetivo conduzir um teste de simetria emergente. O quarto experimento teve por objetivo investigar o estabelecimento de relações de controle discriminativo por seleção e controle discriminativo por rejeição sobre linhas de base de discriminação simples.

Preparação de Condições Experimentais

Os estudos conduzidos na presente pesquisa envolveram sempre tarefas de discriminação entre estímulos. Foram empregados dois tipos de procedimento, diferentes quanto ao modo como foram controladas as contingências de reforçamento. Em alguns experimentos, foram utilizados aparatos experimentais especialmente desenvolvidos para esta pesquisa nos quais a apresentação dos estímulos discriminativos, a apresentação do estímulo reforçador e o registro da resposta operante eram controlados manualmente pelo experimentador. Em outros experimentos, foram utilizados equipamentos que permitiam que toda a contingência de reforço fosse controlada automaticamente, sem interferência do experimentador. Características gerais de aparatos de controle manual são descritos nos Experimentos 1, 2 e 3 desta pesquisa. No Experimento 4 está descrito um procedimento no qual foi empregado um aparato de controle automático.

O uso de equipamentos de controle automático teve a finalidade de refinar o controle experimental em relação aos aparatos manuais. Por exemplo, enquanto no aparato manual a resposta operante é definida como o pouso sobre o estímulo discriminativo, no procedimento de controle automático a resposta operante (registrada por uma interface ligada a um computador) é a pressão à barra. Além disso, a apresentação dos estímulos discriminativos e do reforço é controlada automaticamente, de tal modo que a participação do experimentador se restringe a modelar a resposta operante e programar o início da sessão de treino.

Em treinos que utilizam aparelhos manuais, podem ocorrer falhas na aplicação da contingência, uma vez que esse controle depende do experimentador: o estímulo reforçador pode ser apresentado com algum atraso, ou pode ser apresentado indevidamente (de forma não-contingente). Do mesmo modo, por falha do experimentador, os estímulos discriminativos podem ser apresentados em posições diferentes das posições definidas em protocolo. Contudo, deve ser notado que eventuais falhas também podem ocorrer com aparelhos de controle automático, como estímulos luminosos apresentados com cores desajustadas, sensibilidade variável do operando ou mesmo ausência de registro de respostas operantes, operando de uma caixa mais sensível do que da caixa alternativa, o que determina o viés de controle por posição, e “travamentos” do aparato, que resultam em longas interrupções das sessões.

Uma limitação dos aparelhos manuais diz respeito à definição da resposta operante – “pouso sobre um estímulo discriminativo”. Essa definição é imprecisa. Nos aparelhos automáticos, por outro lado, a resposta operante consiste na pressão à barra, a qual é registrada automaticamente.

Parte do trabalho conduzido no período da presente pesquisa consistiu no desenvolvimento e aperfeiçoamento de procedimentos de treino de discriminações

simples e de discriminações condicionais. Os aparatos de controle manual podiam ser construídos rapidamente e a um baixo custo. Assim, vários estudos piloto puderam ser conduzidos de tal modo que parâmetros experimentais podiam ser ajustados com relativa facilidade a partir dos dados obtidos. Além disso, esses resultados eram usados para definir características dos equipamentos automáticos em desenvolvimento. Por essa razão, tanto procedimentos com aparato de controle manual quanto procedimentos com aparatos com controle automático foram utilizados ao longo da presente pesquisa.

Na literatura sobre aprendizagem discriminativa em abelhas encontram-se estudos que relatam a aprendizagem de relações entre estímulos visuais e aromas em abelhas (Giurfa et al. 2001; Srinivasan et al., 2004; Srinivasan et al., 1998), embora não se encontrem estudos sobre discriminação simples entre aromas.

Na presente pesquisa, entretanto, decidiu-se pela utilização apenas de estímulos visuais em tarefas discriminativas. Em um experimento piloto conduzido nesta pesquisa, abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* foram treinadas em uma tarefa de discriminação simples entre aromas. Duas caixas de acrílico transparente eram identificadas, cada uma, com uma solução aromática (arruda, morango, laranja ou pêssego). Os dados preliminares indicaram rápida aquisição das discriminações simples. Contudo, esse procedimento apresentou problemas de controle experimental insuperáveis neste momento da pesquisa. As soluções aromáticas utilizadas eram bastante voláteis, exigindo freqüente reaplicação ao longo de uma sessão. Além disso, havia risco de contaminação de aromas entre os estímulos, uma vez que os estímulos eram manipulados pelo experimentador entre as tentativas de treino. Portanto, decidiu-se por não continuar o uso de aromas em tarefas discriminativas.

Estudos sobre emparelhamento arbitrário entre estímulos visuais conduzidos previamente a esta pesquisa não produziram linhas de base acuradas. Em geral, foram

obtidos resultados negativos tanto em aparatos automatizados quanto em aparatos de controle automático. Por essa razão, os estudos iniciais da presente pesquisa tiveram por objetivo o estabelecimento do repertório mais simples de relações condicionais por identidade.

O primeiro estudo descrito na presente pesquisa teve por objetivo o estabelecimento de emparelhamento por identidade usando-se um aparato de controle manual. Em seguida, foi conduzido um experimento que teve por objetivo replicar esse primeiro experimento usando-se um aparato de controle automático das contingências. Contudo, não foi possível replicar com esse aparato automatizado algumas características do experimento no qual foi empregado o aparato de controle manual. Os estímulos visuais utilizados (LEDs) não apresentaram qualidade constante. O estímulo modelo era posicionado a uma distância relativamente grande dos estímulos de escolha, o que possivelmente afetava o controle discriminativo. Além disso, os aparelhos experimentais apresentaram falhas que freqüentemente resultaram em interrupções das sessões experimentais. Desse modo, os dados obtidos nesse experimento são inconclusivos e não serão discutidos aqui.

Em outro momento desta pesquisa, foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de estabelecer discriminações condicionais em abelhas. Em ambos os casos, foram empregados apenas aparatos de controle manual, tendo em conta que o procedimento usando aparato automático não apresentava condições adequadas para o estabelecimento de discriminações condicionais.

Em um desses experimentos, o aparato era semelhante ao aparato utilizado no experimento para treino de emparelhamento por identidade. Em outro experimento, foi utilizado um aparato semelhante ao utilizado no estudo de Giurfa et al. (2001).

Em estudos conduzidos previamente a esta pesquisa, foram utilizados aparatos de controle automático, com os quais foi possível estabelecer linhas de base de discriminação simples acuradas. Então, foram utilizados aparatos de controle automático para o treino de discriminações simples e teste de controle por seleção e controle por rejeição em um dos experimentos desta pesquisa.

Experimento 1- Emparelhamento por identidade em *Melipona*

Na literatura científica sobre aprendizagem de relações entre estímulos em abelhas, são descritos alguns procedimentos que empregaram emparelhamento como o modelo. Em um desses estudos (Cooke et al., 2007), o aparato consistia em estímulos visuais projetados em um monitor de vídeo. Em outro estudo (Giurfa et al., 2001), conforme descrito anteriormente, cada sujeito atravessava um estímulo visual disposto verticalmente (usado como modelo) e voava através de um túnel até alcançar um ponto de decisão, onde encontrava dois estímulos de comparação, também dispostos verticalmente. O vôo através do estímulo de comparação definido como correto dava acesso ao reforçador, enquanto o vôo através do estímulo de comparação incorreto dava acesso apenas à saída do aparato.

Em um estudo piloto conduzido neste laboratório tentou-se reproduzir algumas das condições experimentais descritas em Giurfa et al. (2001). Construiu-se um cubo de madeira, com cerca de 50 cm, que simulava as características do aparato daquele estudo; na parte frontal da caixa havia uma abertura circular onde era disposto verticalmente um estímulo visual. Ao entrar na caixa pela abertura no centro do estímulo modelo, a abelha encontrava outras duas aberturas circulares, dispostas lado a lado, e sinalizadas, cada uma, com um estímulo de comparação. Contudo, observou-se que as abelhas evitavam entrar na caixa. Quando entravam, observavam-se, com frequência, respostas de “andar” pelas paredes laterais da caixa, em vez de vôos em direção a uma das saídas. Ou seja, esse procedimento mostrou-se impraticável. Posteriormente, a partir de novos estudos piloto, foram definidos outros parâmetros para esse aparato. Em vez de ser feito de madeira, a caixa passou a ser construída em vidro transparente. Com isso, os sujeitos passaram a entrar no aparato. O principal achado desses estudos preliminares foi a observação de que a resposta de andar desde o estímulo modelo até um dos estímulos de comparação era mais facilmente modelada do que a resposta de voar de um ponto a outro. Ao mesmo tempo, e

depois de vários testes, a caixa experimental também teve suas dimensões bastante reduzidas, até se chegar às dimensões atuais, tal que fosse possível modelar rapidamente respostas estáveis ao modelo e ao comparação. Portanto, o trabalho inicial desta pesquisa consistiu em definir as características mais importantes de um aparato adequado ao procedimento de emparelhamento com o modelo em abelhas.

Tendo sido definidos os aspectos principais do aparato, o estudo continuou no sentido de definir os melhores estímulos para o estabelecimento de relações arbitrárias. Inicialmente, no entanto, era necessário conduzir treinos que permitissem separar resultados negativos devido à dificuldade da tarefa de resultados negativos devido a outras variáveis. Por essa razão, o objetivo deste experimento foi estabelecer em melíponas o tipo mais simples de relação condicional, que é o emparelhamento por identidade.

No presente estudo, abelhas da espécie *Melipona rufiventris* e cinco abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* foram treinadas em uma tarefa de emparelhamento por identidade. O uso de sujeitos da espécie *Melipona rufiventris* é relatado em um estudo de Pessotti (1967), no qual foi estabelecida a discriminação simples entre as cores azul e amarelo e obtidas reversões de discriminação. Pessotti (1969; 1981) também relata o estabelecimento de discriminações condicionais em 10 abelhas dessa espécie.

O objetivo do presente estudo foi investigar o estabelecimento de relações de identidade com melíponas e definir condições experimentais que possam favorecer o responder por identidade generalizado, como no estudo de Giufa et al. (2001).

MÉTODO

Sujeitos

Foram utilizadas cinco abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e seis abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, operárias, em idade adulta, experimentalmente ingênuas. Cada colméia, utilizada em um momento diferente da pesquisa, era instalada no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de São Carlos.

Equipamentos e materiais

Foi utilizada uma caixa de vidro transparente, medindo 13,0 cm X 9,0 cm X 8,0 cm (Figura 9). Essa caixa era disposta sobre um quadro de acrílico medindo 30 cm X 20 cm. Debaxo desse quadro, eram colocados dois dispositivos com bebedouro contendo solução açucarada (concentração igual a 50%), que funcionava como reforço. Junto à entrada da caixa de vidro era disposto o estímulo modelo. No interior da caixa eram dispostos os dois estímulos de comparação. O aparato era disposto sobre uma mesa posicionada a 1,5 m da colméia.

Os dispositivos com bebedouro eram duas vasilhas de acrílico fosco medindo 12,6 cm X 7,0 cm X 3,5 cm (Figura 10). Cada vasilha era fechada na parte superior por uma placa metálica, que tinha um conjunto de pequenos orifícios em forma de cruz em uma das extremidades (bebedouro), onde a abelha podia inserir a glossa e sugar o xarope.

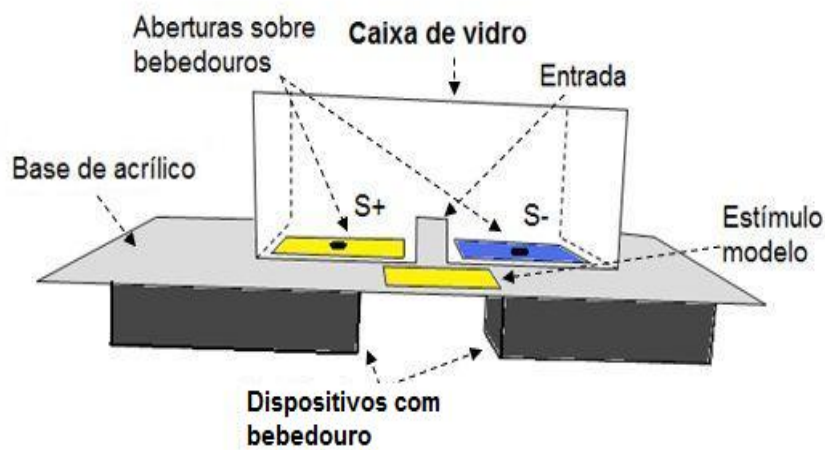
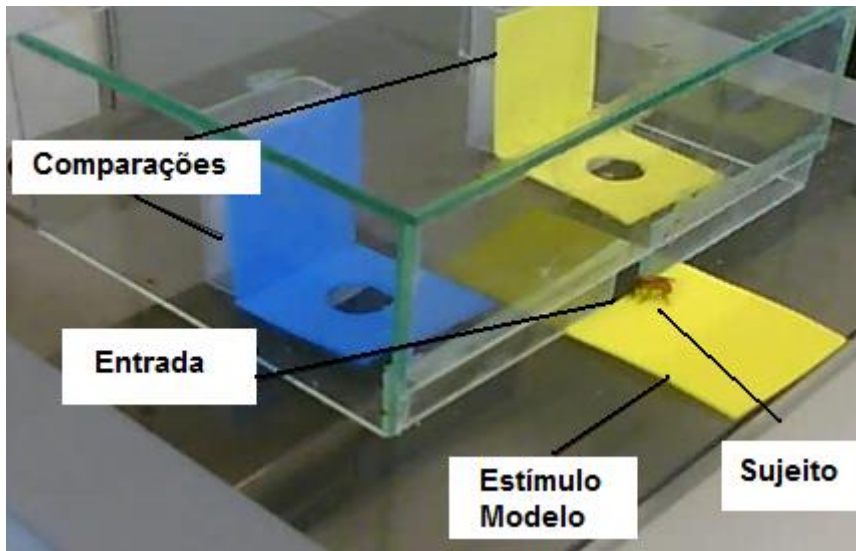


Figura 9. Situação experimental durante tarefa de emparelhamento com o modelo por identidade, usando-se cores como estímulos. Uma placa de EVA colorida (estímulo modelo) era posicionada junto à entrada de uma caixa de vidro. Outras duas placas de EVA coloridas (estímulos de comparação) eram posicionadas no interior dessa caixa. Após recolher uma pequena porção de xarope junto ao modelo, uma abelha podia entrar na caixa e ter acesso livre ao bebedouro posicionado sob o estímulo de comparação definido como correto.



Figura 10. Dispositivo do bebedouro utilizado durante o Experimento 1 (desenvolvido por Pessotti, 1964). Eram utilizados dois dispositivos de bebedouro simultaneamente. A cada tentativa de treino, a haste de um dos dispositivos (sinalizado com o estímulo definido como correto) era girada, elevando-se uma concha até a superfície, permitindo à abelha o acesso ao xarope. Os bebedouros eram posicionados sob uma plataforma de acrílico sobre a qual eram posicionados a caixa de vidro e os estímulos discriminativos.

No interior de cada dispositivo do bebedouro havia um aparato metálico em forma de “T” em cujas extremidades encontrava-se uma concha. A haste mais longa do T estendia-se para fora do bebedouro e terminava em um pegador, que podia ser girado para a direita ou para a esquerda, e permitia a manipulação pelo experimentador, aproximando ou afastando a concha do bebedouro. O posicionamento da concha era feito apenas depois que a abelha pousava sobre um dos aparelhos, para evitar que o responder fosse controlado por essa dica.

No presente estudo foi empregada apenas uma concha em cada caixa. A concha fornecia aproximadamente 0,5 ml de xarope. A cada tentativa, o experimentador elevava a concha até o bebedouro sinalizado com o estímulo definido como correto (S+) e mantinha rebaixada a concha do bebedouro sinalizado com o estímulo definido como incorreto (S-). Esse mecanismo permitia que o responder do sujeito fosse controlado apenas pelos estímulos visuais. Uma vez que ambos os dispositivos de bebedouro continha xarope, o responder não era controlado pela dica olfativa da presença do xarope.

Estímulos discriminativos

Cada estímulo de comparação apresentado no fundo do aparato era formado por duas placas quadradas constituídas em material emborrachado (E.V.A.), medindo 5 cm². Uma das placas era posicionada horizontalmente sobre a base e a outra era posicionada verticalmente formando um ângulo reto (Figura 9). O estímulo modelo era apresentado apenas como uma placa horizontal, localizada na parte frontal do aparato, coincidindo com a abertura na caixa de vidro.

Conforme a padronização de cores HKS-N (K+E Stuttgart, Stuttgart-Feuerbach, Alemanha), foram definidos dois estímulos: um estímulo próximo a 39N (azul para a visão humana) e um estímulo próximo a 3N (amarelo para a visão humana). Os

estímulos de comparação eram posicionados sobre um fundo de material plástico cinza, próximo a 92N. O estímulo amarelo e o fundo cinza coincidem com estímulos descritos em um estudo de Hempel de Ibarra, Giurfa e Vorobyev (2003), mas no presente estudo o estímulo Azul era um pouco mais “claro” (39N) do que o azul (41N) descrito no estudo de Hempel et al. (2003). A sala experimental era iluminada apenas por luz natural.

Anteriormente a este estudo, estímulos de outras cores e estímulos olfativos foram usados em tarefas de discriminação simples. Porém observou-se que a aprendizagem ocorria muito mais rapidamente quando eram utilizados os estímulos azul e amarelo, do que quando eram utilizados, por exemplo, padrões em preto e branco. Além disso, o aparato utilizado não permitia um controle experimental adequado nas tarefas que envolviam aromas. Por essa razão, não foi possível conduzir testes de identidade generalizada (com novos pares de estímulos).

Procedimento

A seqüência experimental envolvia ensinar cada abelha a voar da colméia até o equipamento, pousar sobre a área experimental e resolver a tarefa discriminativa, como descrito a seguir.

O experimento era organizado em sessões de aproximadamente sete horas de duração e o trabalho era conduzido com apenas uma abelha por vez. As respostas eram anotadas em protocolos de registro e as sessões eram filmadas.

a) Identificação do sujeito e modelagem do pouso

Um pires com xarope era colocado junto à entrada da colméia. Entre as abelhas que pousavam sobre o pires e começavam a sugar o xarope, uma delas recebia uma marca sobre o dorso, feita com tinta guache (Pessotti, 1967). O pires era gradualmente

deslocado em direção à caixa experimental localizada sobre a mesa. A resposta de voar da abelha identificada com tinta era modelada até que ela passasse a voar consistentemente da colméia à entrada da caixa de vidro.

b) Pré-treino de emparelhamento com o modelo

Em toda tentativa, era aplicada uma pequena porção de xarope (aproximadamente 0,1 ml) sobre um estímulo cinza, disposto junto à entrada da caixa de vidro. No interior dessa caixa, próximo ao estímulo disposto junto à entrada, era colocado outro estímulo cinza, apresentando uma porção maior de xarope sobre sua superfície. Desse modo, a abelha aprendia a colher xarope junto ao primeiro estímulo e, em seguida, entrar na caixa e colher xarope junto ao segundo estímulo. Gradualmente, esse segundo estímulo era afastado, até ficar na posição final, no fundo da caixa experimental, posicionado sobre a abertura que dava acesso ao bebedouro de uma das vasilhas com xarope. A abelha podia recolher xarope junto ao segundo estímulo *ad libidum* (a concha ficava na posição levantada). Esse procedimento era repetido até que estivesse adequadamente modelada a resposta de 1) colher xarope junto ao estímulo cinza na entrada da caixa de vidro; 2) caminhar pelo interior da caixa e colher xarope junto ao dispositivo de bebedouro sinalizado com o segundo estímulo cinza; 4) retornar pelo mesmo caminho, sair da caixa de vidro e voar até a colméia.

c) Treino de emparelhamento com o modelo por identidade

Nessa tarefa foi utilizado apenas um conjunto de estímulos, conjunto A (azul e amarelo). Eram treinadas as relações de identidade A1A1 (azul-azul) e A2A2 (amarelo-amarelo).

Toda tentativa iniciava com a apresentação de um estímulo modelo junto à entrada da caixa de vidro e, simultaneamente, de dois estímulos de comparação,

dispostos ao fundo da caixa. Após pousar sobre o estímulo modelo, uma abelha tinha acesso a 0,1 ml de xarope, aproximadamente. A resposta de escolha era definida como tocar um dos dois estímulos de comparação apresentados simultaneamente.

Uma resposta junto ao estímulo de escolha definido como correto (S+) dava acesso livre ao bebedouro. Uma resposta ao estímulo de comparação definido como incorreto dava acesso a um bebedouro bloqueado. Nesse experimento, era permitido, durante a mesma visita, que a abelha seguisse do estímulo incorreto até o estímulo correto, tendo acesso ao xarope. Nesse caso, apenas a primeira resposta era registrada (como incorreta). O retorno da abelha à colméia definia o final da visita.

Eram conduzidos blocos de 10 tentativas de treino em que cada modelo era apresentado em metade das tentativas, em uma seqüência semi-aleatória. Cada estímulo de comparação era posicionado em uma das duas posições com a mesma probabilidade (0,5). Um estímulo de comparação era posicionado na mesma posição em, no máximo, três tentativas consecutivas.

O procedimento era encerrado ao ser atingido um dentre dois critérios: a) nove acertos em um bloco de dez tentativas ou b) 10 acertos consecutivos. Com abelhas que não atingiram o critério de aprendizagem, o procedimento era encerrado ao final de 200 tentativas. Com algumas abelhas, o treino prosseguiu mesmo depois de ter sido atingido o critério de aprendizagem, o que foi definido apenas para efeito de observação da estabilidade do responder.

RESULTADOS

Quatro dentre cinco abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e quatro dentre seis abelhas da espécie *Melipona rufiventris* atingiram o critérios de aprendizagem.

A Figura 11 apresenta curvas acumuladas de respostas corretas e respostas incorretas no treino de emparelhamento por identidade com cinco abelhas da espécie

Melipona quadrifasciata e seis abelhas da espécie *Melipona rufiventris*. Esses dados também são resumidos na Tabela 1. Entre as abelhas que atingiram o critério, o número de tentativas exigidas para aprender a tarefa variou entre 40 e 142.

Para cada abelha é apresentado um par de gráficos. O da esquerda apresenta curvas de frequência acumulada de respostas corretas e incorretas para as tentativas de treino nas quais o modelo era A1 (azul). O gráfico da direita apresenta curvas de frequência acumulada de respostas corretas e incorretas para as tentativas de treino nas quais o modelo era A2 (amarelo). Em cada gráfico, a linha cheia representa a frequência acumulada de respostas corretas e a linha tracejada representa a frequência acumulada de respostas incorretas. A linha vertical pontilhada indica o momento do treino em que foi atingido o critério de pelo menos nove acertos em um bloco de 10 tentativas.

Para todas as abelhas, cada bloco de tentativas consistia de cinco tentativas de treino da relação de identidade A1A1 e cinco tentativas de treino da relação de identidade A2A2 distribuídas em ordem semi-aleatória. Apenas para efeito de análise, as curvas de frequência acumulada de respostas corretas e incorretas no treino das relações de identidade foram apresentadas separadamente.

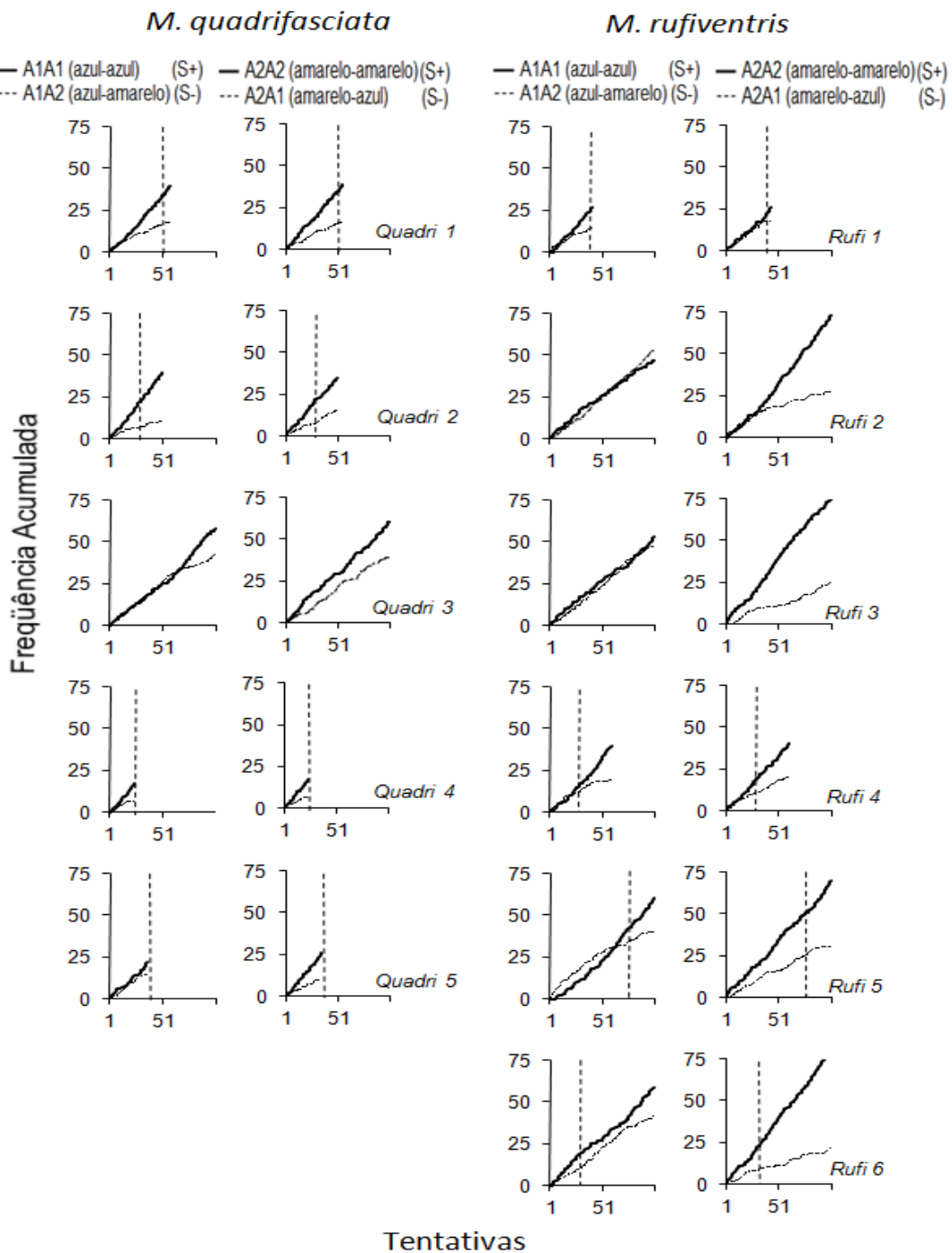


Figura 11. Frequência acumulada de respostas corretas (linha cheia) - A1A1 (azul-azul) e A2A2 (amarelo-amarelo) - e incorretas (linha pontilhada) - A1A2 (azul-amarelo) e A2A1 (amarelo-azul) durante emparelhamento com o modelo por identidade com cinco abelhas da espécie *M. quadrifasciata* (painel esquerdo) e seis abelhas da espécie *M. rufiventris* (painel direito). A linha vertical pontilhada indica o momento do treino em que foi atingido o critério de aprendizagem (pelo menos 9 acertos em um bloco de 10 tentativas).

Tabela 1

Desempenho de cinco abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e de seis abelhas da espécie *Melipona rufiventris* na tarefa de emparelhamento por identidade das relações A1A1 (azul-azul) e A2A2 (amarelo-amarelo), aquisição ou não do critério, tentativas até o critério e total de tentativas.

Sujeito	Atingiu critério de aprendizagem (S/N)	Tentativas até critério	Total de tentativas
<i>Melipona quadrifasciata</i>			
Quadri 1	S	100	114
Quadri 2	S	40	100
Quadri 3	N	-	200
Quadri 4	S	40	46
Quadri 5	S	70	72
<i>Média</i>		62,5	
<i>Melipona rufiventris</i>			
Rufi 1	S	60	82
Rufi 2	N	-	200
Rufi 3	N	-	200
Rufi 4	S	50	120
Rufi 5	S	142	200
Rufi 6	S	60	200
<i>Média</i>		78,0	

A abelha Quadri 1 atingiu o critério de nove acertos em dez tentativas depois de 100 tentativas. Desde o início do treino, as curvas começaram a se separar, com a curva acumulada de respostas ao S+ (preta) apresentando aceleração constante e a curva de respostas ao S- apresentando aceleração negativa e menor frequência de respostas. As curvas acumuladas mostram a mesma tendência para outras três *M. quadrifasciata*. As abelhas Quadri 2 e Quadri 4 atingiram o critério de aprendizagem depois de 40 tentativas. A abelha Quadri 5 atingiu o critério depois de 70 tentativas. Portanto, essas quatro *M. quadrifasciata* aprenderam as relações de identidade treinadas.

Um resultado diferente foi obtido com a abelha Quadri 3, para a qual o treino foi encerrado depois de 200 tentativas, sem que fosse atingido o critério de aprendizagem. Apesar de não ter atingido o critério, as curvas mostram aceleração positiva na presença de S+, enquanto respostas incorretas resultam em curvas acumuladas características de fases iniciais de extinção, indicadas pela tendência a aceleração negativa.

Entre as *M. rufiventris*, as abelhas Rufi 1, Rufi 4 e Rufi 6 atingiram o critério de aprendizagem depois de 60, 50 e 60 tentativas, respectivamente (pelo critério de 9 acertos em 10 tentativas). A Rufi 5 também atingiu o critério de aprendizagem, mas apenas depois de 142 tentativas de treino (pelo critério de 10 acertos consecutivos).

Para as abelhas Rufi 2 e Rufi 3, o treino foi encerrado sem que fosse atingido o critério de aprendizagem, depois de 200 tentativas. Para essas duas abelhas, podem-se observar curvas de aquisição semelhantes. Em tentativas de treino da relação de identidade A1A1, a curva de respostas corretas sobrepõe-se à curva de respostas incorretas; por outro lado, em tentativas de treino da relação A2A2, a curva de respostas corretas destaca-se claramente da curva de respostas incorretas. Ou seja, quando o modelo era azul, essas abelhas respondiam aos comparações azul (S+) e amarelo (S-) com a mesma probabilidade. Por outro lado, se o modelo era amarelo, a probabilidade

de escolha do estímulo de comparação correto (amarelo) era consideravelmente maior do que a probabilidade de escolha do comparação incorreto (azul).

Para a abelha Rufi 4, a proporção de respostas corretas em tentativas de treino da relação A1A1 foi semelhante à proporção de respostas corretas em tentativas de treino da relação A2A2. Contudo, as abelhas Rufi 5 e Rufi 6, que atingiram o critério de aprendizagem, apresentaram um padrão de respostas semelhante ao das abelhas Rufi 2 e Rufi 3, que não aprenderam a tarefa, no sentido de que a proporção de acertos em tentativas de treino da relação A2A2 era sempre maior que a proporção de acertos em tentativas de treino da relação A1A1.

Visando verificar se teria ocorrido controle por posição, foi conduzida uma análise da distribuição de respostas ao estímulo da esquerda e da direita, independentemente da cor, e verificou-se que não houve diferença na proporção de respostas.

As quatro abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* que aprenderam a tarefa atingiram o critério de pelo menos 9 acertos em 10 tentativas depois de 62,5 tentativas, em média. As quatro abelhas da espécie *Melipona rufiventris* que aprenderam a tarefa atingiram o mesmo critério depois de 78 tentativas, em média.

Considerando-se o total de respostas ao longo do treino de todas as abelhas de cada grupo, verifica-se que tanto o Grupo *Melipona quadrifasciata* quanto o Grupo *Melipona rufiventris* apresentaram proporções de respostas corretas estatisticamente significativas ($p < 0,01$), de acordo com o Teste de Hipótese de Comparação de Proporções (Bussab & Morettin, 1987).

Entre as duas espécies, não foi encontrada diferença significativa entre as proporções de respostas corretas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Intervalo de Confiança para a Proporção Populacional (Bussab & Morettin, 1987).

DISCUSSÃO

A maioria dos sujeitos das duas espécies de *Melipona* aprendeu duas discriminações condicionais por identidade, o que estende a generalidade dos dados sobre aprendizagem relacional em não-humanos (Barros et al., 2002; Brown et al., 1998; Cumming & Berryman, 1961; Giurfa et al., 2001).

Para a maioria das abelhas, a aprendizagem era estabelecida depois de poucas horas de treino. Esses resultados de treino são comparáveis aos dados de Giurfa et al. (2001), com abelhas da espécie *Apis mellifera*. Naquele estudo, o treino de emparelhamento por identidade entre estímulos visuais consistia de apenas 60 tentativas. Ao final daquele treino, a proporção de respostas corretas era de aproximadamente 70%. Deve-se ressaltar que os resultados do presente estudo não representam desempenho de emparelhamento por identidade generalizada, como no estudo de Giurfa et al. (2001), uma vez que apenas duas relações de identidade foram treinadas.

Os dados sugerem uma importante diferença no desempenho entre as duas espécies de melíponas no que concerne ao padrão de escolhas. Quatro dentre seis *M. rufiventris* (Rufi 2, Rufi 3, Rufi 5 e Rufi 6) apresentaram responder que indica acentuada preferência por amarelo. Rufi 2 e Rufi 3 (que não atingiram o critério de aprendizagem) apresentaram um padrão de respostas que indica ter sido estabelecido algum tipo de controle condicional, embora impreciso. Quando o modelo era amarelo, essas abelhas escolhiam o comparação amarelo (correto), em vez de azul, com alta probabilidade. Quando o modelo era azul, essas abelhas escolhiam azul (S+) ou amarelo (S-) com a mesma frequência. Portanto, embora houvesse uma clara preferência pelo estímulo amarelo, a escolha desse estímulo era muito mais provável quando o estímulo modelo era amarelo. Ou seja, esse responder não pode ser interpretado como uma

discriminação simples, embora não seja possível identificar que topografias de controle discriminativo foram estabelecidas com essas abelhas.

No estudo de Giurfa et al. (2001), com abelhas da espécie *Apis mellifera*, os autores relataram dados indicando que no treino das relações de identidade azul–azul e amarelo–amarelo não havia preferência inicial significativa por uma das cores.

Pessotti e Carli-Gomes (1981) conduziram um estudo comparando o desempenho discriminativo nas espécies *Melipona quadrifasciata anthidioides*, *Melipona rufiventris* e *Apis mellifera adansonii*. Os estímulos utilizados foram cores (azul e amarelo), luzes (lâmpada acesa e lâmpada apagada) e formas (“estrela” e “quadrado”). Para as três espécies, os melhores desempenhos foram obtidos em uma tarefa de discriminação entre cores. Mas para nenhuma das espécies, os dados indicaram preferência inicial significativa por azul ou por amarelo. No estudo de Pessotti (1981), com abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, o autor não relata preferência por azul ou por amarelo nessa espécie. Além disso, dados de um estudo piloto sobre discriminação simples entre azul e amarelo, conduzido pelo autor com *Melipona rufiventris*, não indicaram preferência por uma das cores.

Existem estudos comparativos sobre visão em abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera*. Por exemplo, Menzel et al. (1989) mostraram que as melíponas discriminam melhor na região verde-azulada do espectro, enquanto as *Apis* discriminam melhor na região do amarelo, violeta e ultravioleta. Contudo não se encontram outros estudos que indiquem uma possibilidade de interpretar a preferência pré-experimental por amarelo em *Melipona rufiventris* no presente estudo.

Em um procedimento de emparelhamento com o modelo define-se *resposta de observação* como uma resposta ao estímulo modelo que produz os estímulos de

comparação (Kelleher, 1958; Wyckoff, 1952). A exigência dessa resposta ao modelo tipicamente torna o desempenho mais acurado (Eckerman, Lanson, & Cumming, 1968).

Uma variável que não foi sistematicamente controlada no presente estudo foi a exigência de resposta ao modelo. Uma pequena porção de xarope era disposta sobre o modelo no início da tentativa, mas, de fato, essa resposta junto ao modelo (consumir essa pequena porção de xarope) não era uma exigência para a continuação da tentativa. Na prática, essa resposta ocorria em quase todas as tentativas, uma vez que a porção de xarope era posicionada exatamente junto à entrada da caixa experimental. Mesmo assim, foram observadas tentativas nas quais as abelhas entravam pela caixa experimental andando por uma parede lateral, em vez de entrar caminhando pelo piso, deixando para trás a porção de xarope disposta sobre o estímulo modelo. É possível, portanto, que apenas a resposta de pousar sobre o estímulo modelo tenha sido insuficiente para garantir um controle de estímulos eficiente.

Cooke et al. (2007) também usaram um procedimento no qual uma pequena quantidade de xarope era disposta sobre o estímulo definido como modelo. Após consumir essa pequena quantidade, a abelha podia seguir até um dos estímulos de comparação e consumir uma quantidade maior de xarope. Contudo, esses autores também não investigaram sistematicamente o papel desse recurso experimental na aquisição das discriminações condicionais: todas as abelhas daquele estudo passaram pelo mesmo procedimento.

Uma característica a ser destacada do responder no aparato utilizado neste estudo diz respeito ao intervalo entre a resposta ao modelo e a resposta a um dos estímulos de comparação. Por um lado, o procedimento de emparelhamento nesse aparato pode ser interpretado como um procedimento de emparelhamento simultâneo com o modelo. As paredes caixa experimental eram de vidro transparente: enquanto

ainda se aproximava da caixa experimental, uma abelha podia ver todos os estímulos da tentativa – o estímulo modelo e os dois estímulos de comparação. Um desempenho acurado nessa situação pode ser interpretado como uma simples aprendizagem de quatro “configurações” de estímulos, que poderiam ser descritas como $A1A1^*A2$, $A1A2A1^*$, $A2A1A2^*$, $A2A2^*A1$, onde o primeiro termo indica o modelo e termo seguido de um asterisco indica o comparação correto (Kamil & Sacks, 1972)

Por outro lado, o procedimento pode ser interpretado como um procedimento de emparelhamento atrasado se considerarmos que uma abelha não tem mais o modelo sob o campo de visão no momento em que está caminhando dentro caixa experimental e se dirigindo a um dos estímulos de comparação. Ainda assim, poderia ser sugerido que a abelha “decide” a qual estímulo de comparação vai se dirigir enquanto ainda está respondendo ao estímulo modelo. No entanto, foi observado, em muitas tentativas, que algumas abelhas inicialmente percorriam um trajeto em direção a um dos estímulos de comparação e, em seguida, “desviavam” em direção ao outro estímulo de comparação, o que sugere que a “decisão” sobre um dos estímulos de comparação não era definida na presença do estímulo modelo. Pode-se interpretar que topografias de resposta desse tipo indicam que, nesses casos, a abelhas estavam sob controle tanto do estímulo modelo quanto dos estímulos de comparação. Topografias do tipo “desvios” eram observadas freqüentemente quando alguma aprendizagem começava a ser estabelecida, mas nunca eram observadas em treinos que não estavam produzindo aprendizagem.

Outra topografia de resposta bastante curiosa ocorria em relação ao estímulo modelo. Em algumas tentativas, uma abelha começava a caminhar em direção ao fundo da caixa experimental, mas então retornava até o estímulo modelo, andava sobre esse estímulo, e então voltava a caminhar em direção aos estímulos de comparação. Respostas desse tipo foram relatadas no estudo de Srinivasan et al. (1998), no qual as

abelhas eram ensinadas a relacionar um aroma na entrada de uma câmara a uma dentre duas cores, apresentadas como estímulos de comparação em uma segunda câmara: “abelhas treinadas nessa tarefa às vezes hesitavam em escolher uma cor na Câmara B, então retornavam à entrada da Câmara A e a antena estendida examinavam o recipiente aromatizado, como para ‘provar’ o aroma mais uma vez, antes de retornar à Câmara B e tomar sua decisão” (p. 636)⁴.

Deve-se ressaltar que os dados do presente estudo demonstraram apenas o estabelecimento de duas relações de identidade: a escolha de amarelo, dentre duas alternativas, amarelo e azul, quando amarelo era o modelo e a escolha da alternativa azul, quando o modelo era azul. Esse desempenho não permite afirmar que as escolhas ocorreram sob a propriedade de igualdade entre estímulos ou se ocorreu sob controle de meras configurações de estímulos (ver Figura 9), conforme sugerido por Iversen et al. (1986).

Para demonstrar que os sujeitos responderam à propriedade abstrata de igualdade seria necessário conduzir um teste de identidade generalizada, com estímulos inéditos. Não obstante, assumindo-se que o comportamento simbólico depende fundamentalmente do estabelecimento de relações condicionais entre estímulos, o repertório estabelecido nos sujeitos do presente estudo pode ser descrito, nos termos de Galvão et al. (2008), como um repertório comportamental pré-simbólico. Estudos futuros são necessários para confirmar e estender os achados de relações de identidade, identidade generalizada e relações arbitrárias com abelhas, o que permitirá identificar possíveis condições experimentais necessárias e suficientes para o estabelecimento desses repertórios. A comparação dos dados produzidos nesses estudos com dados

⁴ “Bees trained on this task sometimes hesitate to choose a colour in chamber B, then return to the entrance of chamber A and hover in front of the scented vial with extended antennae, as if to sample the scent once more, before returning to chamber B to make their choice”.

produzidos com outros modelos animais poderia então facilitar a identificação de quais repertórios comportamentais são relevantes para o estabelecimento de um repertório mais complexo, como o comportamento simbólico, e em que condições pode ser estabelecido.

Os resultados do presente estudo indicaram que o procedimento desenvolvido nesta pesquisa é adequado para o estabelecimento de relações de identidade em melíponas. Estudos futuros deverão investigar o uso de novos conjuntos de estímulos em treinos discriminativos com melíponas, o que pode ser importante para definir novos protocolos de treino de identidade e teste de identidade generalizada.

Experimento 2- Emparelhamento arbitrário em *Melipona*

Os resultados positivos obtidos no treino de emparelhamento por identidade com os estímulos azul e amarelo no Experimento 1 sugeriram que o procedimento utilizado seria adequado também para o estabelecimento de relações arbitrárias.

Se as condições experimentais são mantidas bastante próximas para as duas tarefas (emparelhamento por identidade e emparelhamento arbitrário) e produzem resultados positivos, em um caso, e negativos, em outro, isso sugere que tal diferença se deve à dificuldade da tarefa (no segundo caso). Ainda assim, embora alguns parâmetros pareçam adequados – como as dimensões da caixa experimental, o tamanho e cores dos estímulos, densidade do reforçador etc – ainda tem sido pouco explorado o papel de outras variáveis. A literatura sugere que o modo como diferentes tipos de tentativas de treino são organizados em blocos influencia na velocidade de aquisição da tarefa. Por exemplo, conforme discutido na introdução deste trabalho, se em uma tarefa de discriminação condicional os estímulos modelo alternam-se randomicamente entre as tentativas, é possível que a tarefa não seja aprendida, mas se o treino é organizado em blocos de tentativas de tal modo que em todas as tentativas de um mesmo bloco apenas um estímulo modelo é apresentado, e o tamanho desses blocos é gradualmente reduzido, então as discriminações condicionais podem ser eventualmente aprendidas (Saunders & Spradlin, 1989). No presente experimento, esse tipo de manipulação foi incluído no treino de emparelhamento arbitrário com abelhas.

Entendendo-se comportamento simbólico como o comportamento que envolve o estabelecimento de relações entre símbolo e referente (Bates, 1979), pode-se perguntar se esse comportamento é possível em não-humanos. Se sim, deve-se perguntar em que condições o comportamento simbólico é estabelecido. Galvão et al. (2008) argumentaram que o estabelecimento do comportamento simbólico depende de pré-

requisitos, chamados pelos autores de “repertórios comportamentais pré-simbólicos”. De modo coerente com essa hipótese, estudos como a presente pesquisa pretendem investigar quais condições experimentais com sujeitos não-humanos favorecem o estabelecimento de relações arbitrárias.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi estabelecer relações arbitrárias entre estímulos com melíponas.

MÉTODO

Sujeitos

Foram utilizadas três abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata* e uma abelha da espécie *Melipona rufiventris* nas mesmas condições do Experimento 1.

Equipamentos e materiais

Foi utilizada uma caixa de vidro transparente, similar à utilizada no Experimento 1. Essa caixa era disposta sobre uma plataforma de madeira, revestida de papel *contact* cinza, medindo 30 cm X 20 cm (ver Figura 12). Debaxo dessa plataforma, eram dispostos dois dispositivos com bebedouro contendo solução açucarada (concentração igual a 50%), que funcionava como reforço. Os dispositivos com bebedouro eram duas vasilhas de acrílico, as mesmas utilizadas no Experimento 1. Junto à entrada da caixa de vidro era disposto o estímulo modelo. No interior da caixa eram dispostos os dois estímulos de comparação. O aparato era disposto sobre uma mesa posicionada a 1,5 m da colméia.

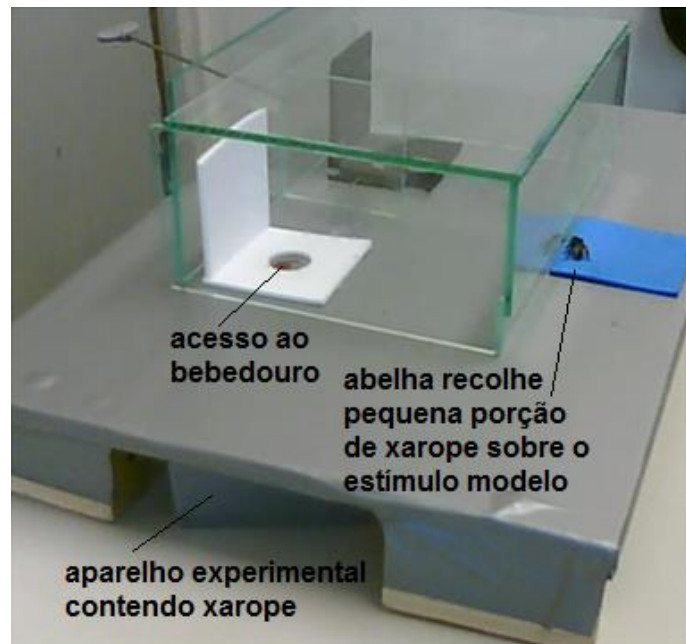
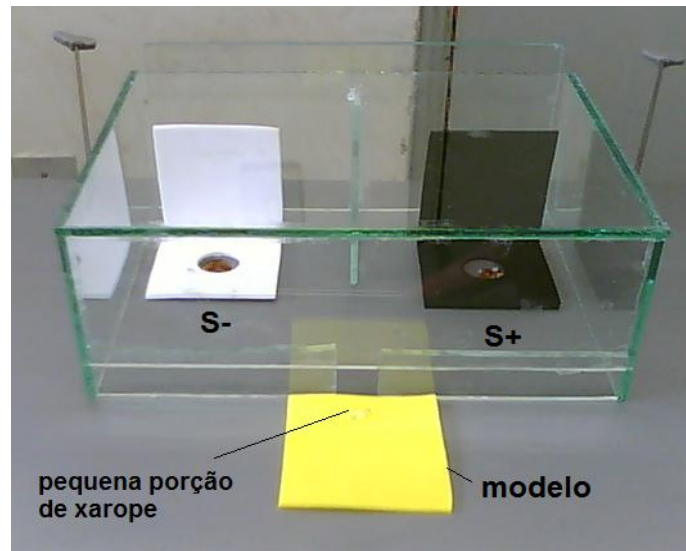


Figura 12. Situação experimental durante tarefa de emparelhamento arbitrário com o modelo. Painel superior: a foto mostra uma tentativa em que é ensinada a relação arbitrária B1A1 (amarelo-preto). Painel inferior: situação durante treino da relação arbitrária B2A2 (azul-branco). Ao pousar sobre o aparato, uma abelha podia recolher uma pequena quantidade de solução açucarada (xarope) junto ao modelo. Em seguida, podia entrar na caixa de vidro e recolher uma porção maior de xarope no bebedouro localizado debaixo da plataforma de madeira e sinalizado com o estímulo definido como correto.

Estímulos discriminativos

Os estímulos eram recortados em EVA ou impressos com qualidade constante e mediam 5 cm².

Os estímulos discriminativos foram organizados em dois conjuntos, A e B. O conjunto A continha os estímulos A1 (preto) e A2 (branco). O conjunto B continha os estímulos B1 (amarelo) e B2 (azul).

Procedimento

Os procedimentos de identificação do sujeito, modelagem do pouso e pré-treino de emparelhamento com o modelo foram conduzidos de modo idêntico ao definido no Experimento 1. Do mesmo modo, o procedimento era organizado em sessões diárias de aproximadamente sete horas consecutivas e o trabalho era conduzido com uma abelha por vez.

As tarefas de emparelhamento arbitrário envolviam relações entre estímulos do Conjunto A (preto e branco) e Conjunto B (azul e amarelo). A Tabela 2 descreve as relações arbitrárias treinadas com cada sujeito. Por exemplo, com a abelha Colombina foi conduzido treino das relações A1B1 (preto-amarelo) e A2B2 (branco-azul).

Como no Experimento 1, toda tentativa iniciava com a apresentação de um estímulo modelo junto à entrada da caixa de vidro e, simultaneamente, de dois estímulos de comparação, dispostos ao fundo da caixa. Após pousar sobre o estímulo modelo, uma abelha tinha acesso a 0,1 ml de xarope, aproximadamente. A resposta de escolha era definida como tocar um dos dois estímulos de comparação apresentados simultaneamente.

Uma resposta junto ao estímulo de escolha definido como correto (S+) dava acesso livre ao bebedouro. Após uma resposta ao estímulo de comparação definido como incorreto, ambos os bebedouros ficavam bloqueados e a tentativa era encerrada. A

abelha só podia ter acesso ao bebedouro sinalizado com o estímulo correto após sair da caixa de vidro e entrar novamente pela abertura frontal. Contudo, essa segunda resposta não era registrada.

Tabela 2

Relações arbitrárias treinadas com três *M. quadrifasciata* (Colombina, Giselda e Lila) e uma *M. rufiventris* (Rufi 9).

Sujeito	Treino	Modelo	Estímulos de Comparação	
			Correto	Incorreto
Colombina	AB	A1 (preto)	B1 (amarelo)	B2 (azul)
		A2 (branco)	B2 (azul)	B1 (amarelo)
Giselda	BA	B1 (amarelo)	A1 (preto)	A2 (branco)
		B2 (azul)	A2 (branco)	A1 (preto)
Lila	BA	B1 (amarelo)	A1 (preto)	A2 (branco)
		B2 (azul)	A2 (branco)	A1 (preto)
Rufi 9	AB	A1 (preto)	B1 (amarelo)	B2 (azul)
		A2 (branco)	B2 (azul)	B1 (amarelo)

Eram conduzidos blocos de 10 tentativas de treino em que cada modelo era apresentado em metade das tentativas, em uma seqüência semi-aleatória. Cada estímulo de comparação era posicionado em uma das duas posições com a mesma probabilidade (0,5). Um estímulo de comparação era colocado na mesma posição em, no máximo, três tentativas consecutivas.

O procedimento era organizado em duas fases, descritas nos itens a e b. Na fase com blocos alternados, o mesmo modelo era apresentado ao longo de várias tentativas, até ser atingido um determinado critério de aprendizagem. Na fase seguinte, com blocos mistos, tentativas que apresentavam um dos modelos e tentativas que apresentavam o outro modelo alternavam-se em uma seqüência semi-aleatória.

a) Blocos Alternados

A mesma relação arbitrária era treinada até ser atingido um critério de aprendizagem. Por exemplo, o procedimento podia iniciar com o treino da relação A1B1, de tal modo que o modelo A1 era apresentado juntamente com os estímulos de comparação B1 e B2 em tentativas sucessivas. Ao ser atingido o critério, passava-se a treinar a relação A2B2, de tal modo que o modelo A2 era apresentado em tentativas sucessivas juntamente com os mesmos estímulos de comparação, e assim sucessivamente. Ao longo deste texto, cada alternância de treino de uma relação arbitrária para o treino de outra relação arbitrária será chamada de “reversão”.

Para as abelhas Colombina, Giselda e Rufi 9, o treino consistia em blocos sucessivos de cinco tentativas apresentando o mesmo modelo (mesma relação arbitrária). Quando eram registrados cinco acertos em um bloco, era iniciado o treino da outra relação arbitrária (“reversão”), e assim sucessivamente. Para a abelha Lila, o treino também consistia em blocos de 5 tentativas, mas o critério para alternância entre os modelos era de 4 acertos em 5 tentativas (com exigência de acerto na última tentativa do bloco).

Esse procedimento de alternância de blocos com o mesmo modelo era mantido até ser atingido um critério de duas reversões sucessivas com menos de 10 tentativas.

b) Blocos mistos

Nessa fase, o treino passava a consistir de blocos de 10 tentativas nos quais os modelos eram alternados. Cada bloco continha cinco tentativas com um modelo e cinco tentativas com o outro modelo, interespaçadas em uma seqüência semi-aleatória.

O critério de aquisição das relações arbitrárias era de nove acertos em um bloco de 10 tentativas. Para este experimento foi definido um procedimento de treino no qual foram conduzidas sessões sucessivas até o final da vida do sujeito ou abandono da situação experimental, o que ocorre, tipicamente, entre duas ou três semanas.

RESULTADOS

a) Blocos alternados

A Figura 13 mostra os resultados dos treinos de emparelhamento arbitrário com o modelo para as abelhas Colombina e Rufi 9 (A1B1 e A2B2) e Giselda (relações B1A1 e B2A2). Em cada gráfico é mostrado o número de acertos em cada bloco de cinco tentativas de treino de uma relação arbitrária.

Quatro abelhas inicialmente foram treinadas com relações condicionais em blocos alternados. Duas abelhas (Colombina e Lila) abandonaram a situação experimental após extenso treino, mas antes de completar a primeira etapa e sem que fosse observada tendência de aprendizagem. Duas outras abelhas (Giselda e Rufi 9), embora não tivessem atingido o critério definido para completar a primeira etapa, apresentaram tendência de aprendizagem que sugeria que poderiam passar a ser treinadas com blocos de tentativas mistos (duas relações arbitrárias eram treinadas no mesmo bloco). A abelha Rufi 9 apresentou desempenho variável nessa fase final, enquanto a abelha Giselda atingiu o critério de 9 acertos em 10 tentativas, mas apenas depois de mais de mil tentativas de treino no total.

O gráfico superior da Figura 13 apresenta dados de treino com a abelha Colombina. Os pontos em preto representam o número de acertos durante o treino da

relação A1B1 (preto-amarelo). Os pontos em cinza representam o número de acertos durante o treino da relação A2B2 (branco – azul). Por exemplo, no primeiro bloco de cinco tentativas de treino da relação A1B1, Colombina apresentou duas respostas corretas. Nos dois blocos subseqüentes foram registradas quatro respostas corretas em cinco tentativas. No quarto bloco, todas as respostas foram corretas. Deve-se notar que todo ponto indicando cinco acertos é seguido pelo início do treino da outra relação arbitrária. Assim, para a abelha Colombina, o primeiro bloco de treino da relação A2B2 foi conduzido em seguida a quatro blocos de treino da relação A1B1. O critério de aprendizagem foi atingido após 18 blocos de treino. Na primeira reversão, o critério de aprendizagem foi atingido após seis blocos de treino. Ao longo do treino com a abelha Colombina foram registradas 730 respostas, sem evidência de aumento na velocidade para atingir o critério a cada reversão. Após sete sessões de treino, essa abelha não retornou à situação experimental.

O segundo painel da Figura 13 representa os resultados para a abelha Giselda. Pode-se observar nesse gráfico que os blocos com três ou mais acertos são mais freqüentes na porção mais à direita do gráfico, indicando reversões mais rápidas. O terceiro painel mostra os resultados de treino com a abelha Rufi 9. Pode-se observar que essa abelha apresentou reversões mais rápidas do que as outras duas abelhas desde o início do treino.

Para a abelha Lila o critério de reversão era quatro acertos em cinco tentativas (em vez de cinco acertos consecutivos). Essa alteração no critério de aprendizagem teve o objetivo de acelerar as reversões, o que possivelmente aumentaria o controle discriminativo exercido pelo estímulo modelo. Contudo, essa abelha desapareceu após 920 tentativas, sem que fosse observada tendência de aprendizagem.

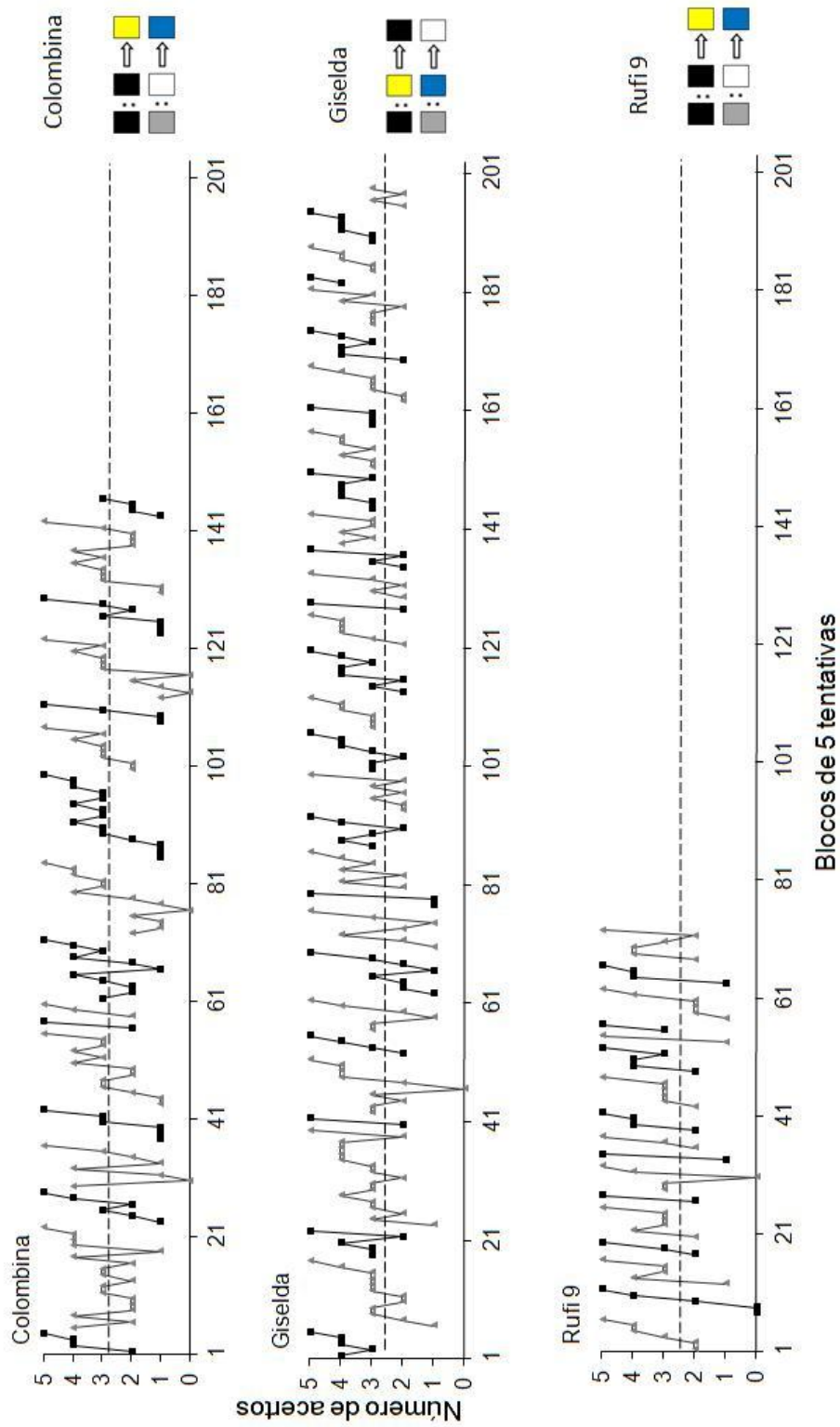


Figura 13. Número de acertos em blocos de 5 tentativas durante treino das relações condicionais A1B1 (preto-amarelo) e A2B2 (branco-azul), com as Abelhas Colombina e Rufi 9, e durante treino das relações B1A1 (amarelo-preto) e B2A2 (azul-branco), com a abelha Giselda. Uma única relação era treinada até ser atingido o critério de 5 acertos em um bloco.

b) Blocos Mistos

A Figura 14 apresenta os desempenhos das abelhas Giselda e Rufi 9 em treino com blocos mistos. Cada bloco consistia em cinco tentativas de treino de uma relação arbitrária interespaciações entre 5 tentativas de treino de outra relação arbitrária. Apenas para efeito de análise, os desempenhos nos dois tipos de tentativa são apresentados em separado.

A abelha Giselda apresentou curvas de acertos positivamente aceleradas, indicando que várias respostas corretas se alternavam a uma ou outra resposta incorreta. O desempenho em tentativas de treino da relação B1A1 (amarelo-preto) foi semelhante ao desempenho em tentativas de treino da relação B2A2 (azul-branco). Depois da primeira sessão, com 40 tentativas, retomou-se o treino com blocos alternados. Na sessão seguinte, foram conduzidos mais 12 blocos mistos e novamente foi conduzida uma sessão com blocos alternados. Na última sessão com blocos mistos, foram conduzidos mais dois blocos.

A Figura 15 mostra isoladamente os resultados das três últimas sessões da abelha Giselda, apenas com blocos mistos. Apesar da tendência a acertos acima do acaso, seleções incorretas também foram mantidas, embora em menor proporção.

Com a abelha Rufi 9 foram conduzidas 438 tentativas nessa condição final do procedimento. Diferentemente do ocorreu com a abelha Giselda, nos resultados de treino com a abelha Rufi 9 pode ser observado o estabelecimento de um controle condicional inacurado. Quando o modelo era branco, essa abelha escolhia o comparação azul (S+) com a mesma probabilidade com que escolhia o comparação amarelo (S-), ou seja, respondia ao acaso. Quando o modelo era preto, era muito maior a probabilidade de ser escolhido o estímulo de comparação amarelo (S+) do que de ser escolhido o

estímulo de comparação azul (S-), como pode ser observado nos dois últimos gráficos da Figura 14.

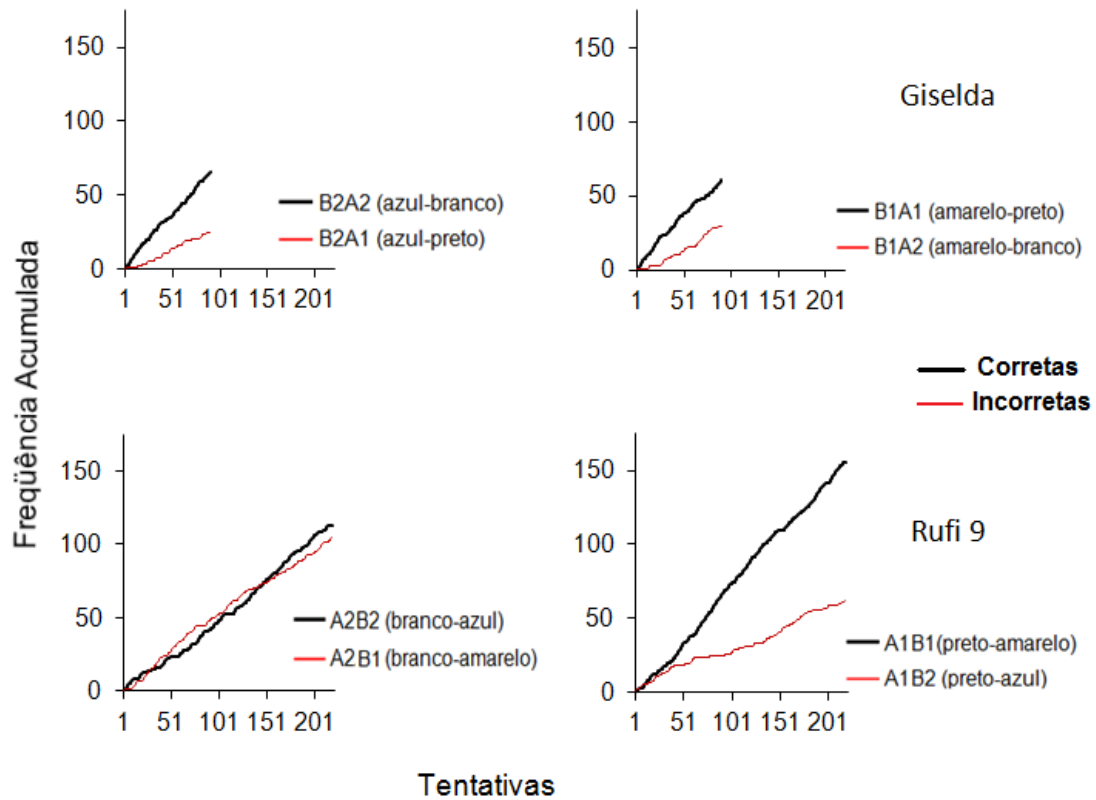


Figura 14. Frequências acumuladas de respostas corretas (azul-branco e amarelo-preto para Giselda e branco-azul e preto-amarelo para Ruffi 9) e incorretas (azul-preto e amarelo-branco para Giselda e branco-amarelo e preto-azul para Ruffi 9) durante treino de emparelhamento arbitrário.

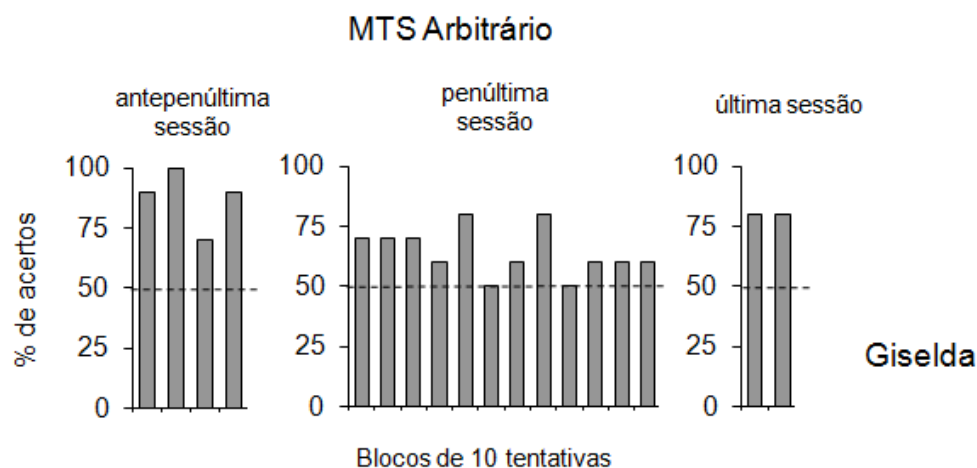


Figura 15. Desempenho da abelha Giselda na última fase do procedimento de emparelhamento arbitrário, com treino das relações arbitrárias B1A1 e B2A2, quando eram conduzidos blocos mistos (com os dois tipos de tentativa).

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no Experimento 2 mostram que o estabelecimento de discriminações condicionais em melíponas é possível, mas depende da realização de um número expressivo de tentativas. Foram conduzidas 1054 tentativas, em nove sessões de treino, com a única abelha a aprender parcialmente a tarefa. Os dados obtidos não permitem concluir se a dificuldade é intrínseca à tarefa ou se foi causada pela natureza dos estímulos ou pelo procedimento utilizado.

O arranjo de treino utilizado neste procedimento tinha o propósito de estabelecer, inicialmente, o controle pelos estímulos de comparação e, à medida que o treino tinha prosseguimento, estabelecer gradualmente o controle pelo estímulo modelo. Esse recurso experimental foi utilizado por Pessotti (1969, 1981) e também por Saunders e Spradlin (1989), com algumas diferenças entre um e outro estudo quanto a critérios de aprendizagem. No estudo de Saunders e Spradlin (1989), uma sessão era dividida em dois blocos: um bloco consistia em 16 tentativas consecutivas de treino de uma relação do tipo A1B1; o bloco seguinte consistia em 16 tentativas consecutivas de

treino de uma relação do tipo A2B2. Em sessões subsequentes, os blocos apresentavam 8 tentativas consecutivas com o mesmo modelo. Assim, gradualmente era reduzido o número de tentativas consecutivas de treino de uma mesma relação, até que os modelos se alternassem de modo aleatório, quando então as discriminações requeriam controle condicional. No estudo de Pessotti (1969, 1981), o treino de uma relação A1B1 era mantido até ser atingido o critério de seis acertos consecutivos. Em seguida, era iniciado o treino da relação A2B2, a qual era mantida até ser atingido o mesmo critério. Em seguida, tinha início outra alternância, e assim sucessivamente, até ser atingido o critério de seis acertos consecutivos em uma reversão, seguidos por quatro acertos consecutivos desde o início da reversão seguinte, quando tinha início o treino de discriminações condicionais em que os estímulos modelo alternavam-se de modo aleatório. Em um arranjo de treino semelhante, foram conduzidas 730 tentativas com a abelha Colombina. Nenhuma aprendizagem foi observada no treino dessa abelha. Com a abelha Giselda, foi obtido o único resultado na direção ao estabelecimento de duas relações arbitrárias. Depois de 180 tentativas da fase final (com blocos mistos), a proporção de acertos era de 71%. Essa proporção de acertos sugere o estabelecimento de controle de estímulos não planejados concorrendo com o controle pelas relações arbitrárias definidas para este experimento (cf. Sidman, 1980).

Outro recurso experimental que visa facilitar o estabelecimento de relações condicionais é o procedimento de reversões repetidas de discriminação simples. Por exemplo, no estudo de Goulart, Galvão e Barros (2003), macacos-prego começavam por um treino de discriminação simples, por exemplo, A1 (S+) e A2 (S-). Quando era atingido o critério de seis acertos consecutivos, os dois estímulos invertiam de função, ou seja, A2 passava a funcionar como S+ e A1 passava a funcionar como S-. Ao ser atingido o critério de seis acertos consecutivos, iniciava-se outra reversão, e assim

sucessivamente. Essa fase era encerrada quando era atingido o critério de seis respostas corretas consecutivas em no máximo oito tentativas em três reversões sucessivas. O mesmo procedimento foi repetido com outros estímulos. O objetivo do estudo era produzir classes de estímulos funcionais (Vaughan, 1988). Os resultados obtidos apresentavam grande variabilidade. Os autores concluíram que o procedimento de reversões repetidas foi insuficiente para produzir classes funcionais. Um dos possíveis problemas é que o procedimento de reversões ocasiona, necessariamente, a ocorrência de erros, uma vez que uma resposta reforçada com alta frequência passa a ser colocada em extinção. Os dados da Figura 13 mostram claramente a quantidade de erros nos blocos iniciais de cada nova reversão. A ocorrência de erros alternados com acertos pode resultar em reforço intermitente ou atrasado.

A principal diferença entre o procedimento de reversões repetidas e o procedimento de treino com blocos com o mesmo modelo, como empregado por Pessotti (1981) e Saunders e Spradlin (1989), é que no último caso o estímulo condicional é apresentado em todas as tentativas. Ao longo de um “treino bloqueado”, um sujeito também pode apresentar muitas respostas corretas consecutivas respondendo apenas sob controle de discriminação simples. Numa situação em que o responder de um sujeito não apresenta qualquer controle condicional, o desempenho será exatamente o mesmo em ambos os procedimentos.

Os dados obtidos com a terceira abelha desse grupo, Lila, não são conclusivos, mas permitiram observar que a alteração no critério de aprendizagem não foi efetiva para produzir desempenho melhor do que o que vinha sendo obtido com as primeiras abelhas.

O treino de emparelhamento arbitrário com a abelha Rufi 9 sugere que foi estabelecido algum tipo de controle condicional, uma vez que um estímulo modelo

controlou uma distribuição de respostas bastante diferente da distribuição de respostas controlada pelo outro modelo. Esse dado sugere que uma preferência pelo estímulo amarelo tenha dificultado o estabelecimento da relação condicional A2B2 (branco – azul). De fato, a preferência pelo estímulo amarelo foi observada no Experimento 1 com as *M. rufiventris*. Não está claro se essa preferência era pré-experimental ou se resultou de algum controle experimental produzido pelo procedimento, porém não identificado.

Embora tenha possibilitado o estabelecimento de relações arbitrárias para uma das abelhas, o procedimento utilizado com as abelhas do Experimento 2 mostra que a aprendizagem apenas ocorria depois de um número excessivamente elevado de tentativas. As condições experimentais devem ser redefinidas em busca de eficácia no estabelecimento de relações arbitrárias com menos tentativas e de modo mais estável.

Experimento 3- Emparelhamento arbitrário e teste de simetria em abelhas

Nos Experimentos 3A e 3B foi empregado um aparato semelhante ao aparato utilizado no estudo de Giurfa et al. (2001), no qual foi demonstrada identidade generalizada. Além disso, o Experimento 3A foi o primeiro deste estudo a empregar abelhas da espécie *Apis mellifera* como sujeitos, mesma espécie empregada em estudos que relataram a aprendizagem de relações arbitrárias entre estímulos em abelhas (Cooke et al., 2007; Giurfa et al., 2001; Reinhard, et al., 2004; Srinivasan et al., 1998).

Tendo em conta a falta de estudos sobre aprendizagem relacional em *Melipona*, o principal objetivo do presente estudo foi comparar o desempenho de *Apis mellifera* e *Melipona rufiventris* em um treino de discriminações condicionais e em um teste de simetria.

Experimento 3A- Emparelhamento arbitrário e teste de simetria em *Apis mellifera*

Este experimento foi conduzido sob supervisão da Dra. Judith Reinhard, no *Queensland Brain Institute, University of Queensland, Austrália*, em um tipo de instalação denominada *All Weather Bee Flight Facility*. Nesse laboratório, a temperatura e a umidade podiam ser controladas.

Uma colméia era montada do lado de fora do laboratório, junto a uma de suas paredes, distante aproximadamente cinco metros de uma janela que dava acesso ao interior do laboratório (Figura 5). Desse modo, as abelhas dessa colméia podiam encontrar xarope no interior do laboratório ou podiam forragear em ambiente natural, como em todos os experimentos do presente estudo.

Abelhas da espécie *Apis mellifera* foram treinadas em uma tarefa de emparelhamento arbitrário entre estímulos visuais. Em seguida, foi conduzido um teste da propriedade de simetria.

MÉTODO

Sujeitos

Foram utilizadas 30 abelhas *Apis mellifera*, procedentes de uma mesma colméia.

Equipamentos e materiais

O aparato experimental consistiu de três cilindros plásticos interconectados, com as medidas de 25 cm de diâmetro e 25 cm de altura, e um túnel de madeira, medindo 25 cm x 25 cm x 130 cm (Figura 16). Os cilindros e o túnel eram cobertos com tampas de plástico transparente. Uma extremidade do túnel era conectada a uma janela na parede do laboratório, enquanto a outra extremidade era conectada a um dos cilindros.

Abelhas vindo da colméia podiam entrar pela janela e voar no interior do túnel em direção ao primeiro cilindro, que servia para apresentar o estímulo modelo. Em frente a esse cilindro havia uma abertura circular de 2 cm de diâmetro, pela qual uma abelha podia entrar. O estímulo modelo apresentava uma abertura (2 cm) em seu centro e era posicionado de tal modo que essa abertura coincidia com a abertura do cilindro. Uma vez no interior do cilindro, uma abelha se encontrava diante de duas entradas, cada uma sinalizada com um estímulo de comparação (S+ ou S-).

A entrada marcada com o estímulo de comparação correto (S+) dava acesso a um cilindro com um bebedouro contendo solução de açúcar (50%). A entrada marcada com o estímulo de comparação incorreto dava acesso a um cilindro com um bebedouro contendo apenas água (extinção).

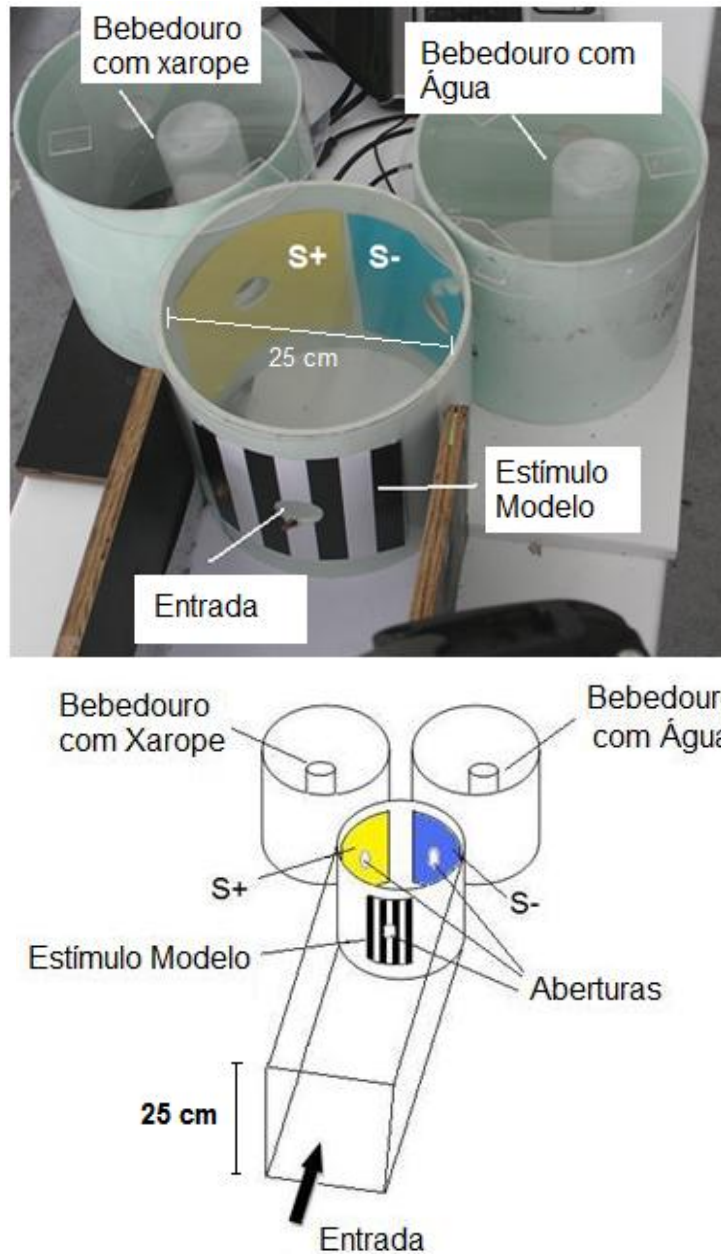


Figura 16. Painel superior: foto do aparato usado no Experimento 3A, com *Apis mellifera*. Cada abelha vindo da colméia entrava pelo túnel de madeira, voava em direção à entrada do primeiro cilindro (marcado com o estímulo modelo) e então voava através de uma dentre duas entradas (cada uma marcada com um estímulo de comparação, S+ ou S-). Uma escolha correta dava acesso a um bebedouro com xarope. Uma resposta incorreta dava acesso a um bebedouro com água (extinção). A foto ilustra uma tentativa de treino da relação *vertical-amarelo*. Painel inferior: representação esquemática da situação experimental.

Ao emitir uma resposta correta (entrar no cilindro sinalizado com S+), uma abelha podia coletar a solução de açúcar *ad libidum*. Em seguida, a tampa plástica desse cilindro era removida e a abelha podia voar em direção a uma abertura no teto do laboratório, atravessar essa abertura e voar de volta à colméia.

Ao emitir uma resposta incorreta (entrar no cilindro sinalizado com S-), uma abelha encontrava apenas um bebedouro com água (extinção). Quando essa resposta ocorria, a tampa plástica desse cilindro era levantada, a abelha era removida do cilindro, a tampa era reposicionada e então a abelha não tinha mais acesso aos bebedouros no interior do aparato. Tipicamente nessa situação, a abelha voava em direção à abertura no teto do laboratório e então voava de volta à colméia.

Estímulos

Os estímulos eram padrões de listras em preto e branco (horizontais ou verticais) ou cores. Os padrões eram impressos em uma impressora laser de alta resolução. Os padrões lineares apresentavam um período de 3 cm. As cores eram azul ou amarelo recortadas em papel cartão de qualidade constante. Cada estímulo media 14 cm x 14 cm.

Os estímulos discriminativos foram organizados em dois conjuntos: Conjunto A, formado pelos estímulos A1 (padrão horizontal) e A2 (padrão vertical), e Conjunto B, formado pelos estímulos B1 (azul) e B2 (amarelo).

Procedimento

As abelhas eram individualmente marcadas, mas nesse experimento algumas abelhas podiam ser treinadas simultaneamente. Os sujeitos eram designados para o Grupo 1 ou Grupo 2, com cerca de 15 abelhas cada grupo.

As abelhas do Grupo 1 eram treinadas com relações do tipo AB (padrões – cores) e então era conduzido um teste de simetria, com as relações inversas BA (cores – padrões).

Depois que esse procedimento era concluído com o Grupo 1, abelhas do Grupo 2 eram treinadas com relações do tipo BA (cores – padrões) e então era conduzido um teste de simetria, com as relações inversas AB (padrões – cores). O procedimento completo com cada grupo consistia de seis sessões de linha de base e uma sessão de teste. Cada sessão durava aproximadamente seis horas. Todas as sessões eram filmadas. Respostas aos estímulos de comparação eram anotadas em protocolos de registro.

a) *Pré-treino*

As abelhas eram inicialmente ensinadas por aproximação sucessiva a coletar xarope em bebedouros não marcados por estímulos discriminativos no interior do túnel. Em visitas subseqüentes, as abelhas eram ensinadas a encontrar um bebedouro com xarope no interior de cada um dos cilindros terminais, ainda não marcados por estímulos discriminativos.

b) *Treino de Discriminações Condicionais*

A Tabela 3 descreve as relações de treino e de teste de simetria com as abelhas dos Grupos 1 e 2. Por exemplo, com as abelhas do Grupo 1, quando o modelo era A1 (padrão listrado horizontal), o cilindro contendo xarope (reforço) era marcado com o estímulo de comparação B1 (azul), enquanto o cilindro contendo apenas água (extinção) era marcado com o estímulo de comparação B2 (amarelo); quando o modelo era A2 (padrão listrado vertical), o cilindro contendo o xarope era marcado com o estímulo B2 (amarelo), enquanto o cilindro contendo água era marcado com o estímulo de comparação B1 (azul).

Tabela 3

Relações arbitrárias definidas para a fase de treino e teste de simetria com dois grupos de abelhas da espécie *Apis mellifera* durante o Experimento 3A. Com as abelhas do Grupo 1, eram treinadas relações do tipo AB (padrões – cores) e em seguida era conduzido um teste de simetria das relações do tipo BA (cores – padrões). O inverso era definido para o Grupo 2.

Grupo	Linha de Base				Teste de Simetria			
	Relação treinada	Modelo	S+	S-	Relação testada	Modelo	(S+)	(S-)
1	AB	A1 (horizontal)	B1 (azul)	B2 (amarelo)	BA	B1 (azul)	A1 (horizontal)	A2 (vertical)
		A2 (vertical)	B2 (amarelo)	B1 (azul)		B2 (amarelo)	A2 (vertical)	A1 (horizontal)
2	BA	B1 (azul)	A1 (horizontal)	A2 (vertical)	AB	A1 (horizontal)	B1 (azul)	B2 (amarelo)
		B2 (amarelo)	A2 (vertical)	A1 (horizontal)		A2 (vertical)	B2 (amarelo)	B1 (azul)

As sessões de linha de base consistiam de períodos apresentando um estímulo modelo alternando-se com períodos apresentando o outro estímulo modelo. Um modelo era substituído a cada 15 minutos. Durante esse período, a posição dos estímulos de comparação (esquerda - direita) era alterada a cada sete - oito minutos. Tipicamente, uma abelha retornava ao aparato experimental a cada cinco minutos, aproximadamente.

c) *Teste de Simetria*

Uma sessão de teste era conduzida após seis sessões de linha de base. Nesse teste, eram revertidas as funções dos estímulos, ou seja, os estímulos usados previamente como estímulos modelo passavam a ser usados como estímulos de comparação, e vice-versa. Por exemplo, era conduzido um teste das relações BA: B1A1 (azul-horizontal) e B2A2 (amarelo-vertical) com o Grupo 1, ou seja, relações simétricas às relações treinadas, A1B1 e A2B2. As sessões de teste consistiam de quatro períodos de sonda, cada um precedido por um período de linha de base. Como na fase de treino, cada período de linha de base era conduzida por 15 minutos. Cada período de sonda era conduzido por 7-8 minutos em extinção. Apenas os dados dos períodos de sonda eram usados para análise.

Foi conduzido o teste de qui-quadrado para avaliar a significância da proporção de respostas corretas durante aquisição de linha de base e proporção de respostas corretas no teste de simetria. Para avaliar se houve diferença significativa entre as proporções de respostas corretas de linha de base comparando-se os dois grupos, foi conduzido o teste de Intervalo de Confiança para a Diferença de Proporções (Bussab & Morettin, 1987). O mesmo teste foi conduzido para verificar se houve diferença significativa entre as proporções de respostas corretas dos dois grupos durante o teste de simetria.

RESULTADOS

A Figura 17 apresenta a porcentagem de respostas corretas em sessões de linha de base (barras pretas) e sessões de teste (barras cinza) com *Apis mellifera*.

A porção superior mostra dados do Grupo 1, treinado com as relações AB (padrões – cores) e submetido ao teste das relações simétricas BA (cores – padrões). A porcentagem de respostas corretas variou entre 56,1%, na primeira sessão, e 68,3%, na 4ª sessão.

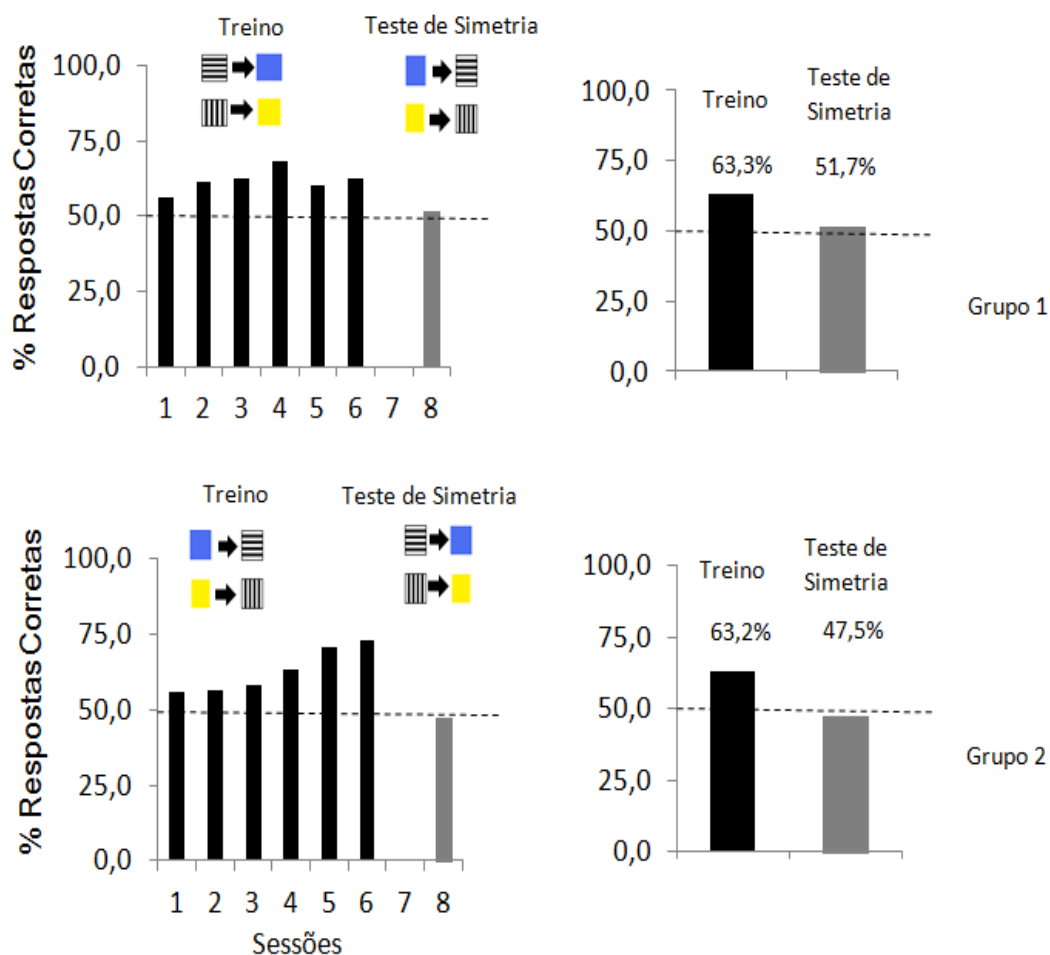


Figura 17. Porcentagem de respostas corretas durante treino de emparelhamento arbitrário e teste de simetria com dois grupos de *Apis mellifera*.

A porcentagem de respostas corretas no teste de simetria foi de 51,7%. Esses resultados estão resumidos no gráfico da direita.

A porção inferior da Figura 17 mostra os resultados com o Grupo 2, treinado com as relações BA (padrões – cores) e submetido ao teste das relações AB (cores – padrões). Com esse grupo, a acurácia aumentou sistematicamente ao longo das sessões. A porcentagem de respostas corretas variou entre 56%, na primeira sessão, e 73%, na sexta sessão. A porcentagem de respostas corretas no teste de simetria foi de 47,4%. Esses dados estão resumidos no gráfico da direita.

Considerando-se o total de respostas ao longo do treino de todas as abelhas de cada grupo, verificou-se que ambos os grupos de *Apis* apresentaram proporções de respostas corretas estatisticamente significativas ($p < 0,005$), de acordo com o teste de qui-quadrado. Por outro lado, as proporções de respostas corretas durante o teste de simetria não apresentam significância.

Os desempenhos dos dois grupos de *Apis* foram avaliados como estatisticamente iguais pelo teste de Intervalo de Confiança para a Proporção Populacional (Bussab & Morettin, 1987) tanto na linha de base quanto no teste de simetria (com $p < 0,01$).

Experimento 3B- Emparelhamento arbitrário e discriminações simples em *Melipona rufiventris*

Este experimento foi conduzido no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem, Universidade Federal de São Carlos. Uma colméia estava montada no interior do laboratório, ao lado de uma janela, de tal modo que as abelhas podiam coletar xarope na situação experimental ou podiam voar para fora da sala experimental e forragear no ambiente natural.

Abelhas da espécie *Melipona rufiventris* foram usadas em um procedimento similar ao procedimento ao Experimento 3A, conduzido com *Apis mellifera*. As

melíponas foram treinadas com relações condicionais, mas não foi conduzido o teste de simetria, uma vez que a linha de base não foi adquirida. Em vez disso, foram conduzidos treinos de discriminação simples entre os estímulos usados na fase de treino de discriminações condicionais.

MÉTODO

Sujeitos

Foram utilizadas quatro abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, todas ingênuas, procedentes da mesma colméia.

Equipamentos e materiais

O aparato experimental era um túnel em Y, similar ao usado no Experimento 3A (ver Figura 16), apresentando as mesmas medidas. A única exceção foi a substituição dos cilindros de plástico por peças de madeira com as mesmas dimensões.

Estímulos

Os estímulos eram padrões em preto e branco ou cores, os mesmos utilizados no Experimento 3A.

Procedimento

As abelhas eram individualmente marcadas e o experimento era conduzido com apenas uma abelha por vez. O procedimento completo com cada abelha consistia de seis sessões de treino de relações arbitrárias, seguidas por uma sessão de treino de discriminações simples.

Como no Experimento 3A, cada sessão durava aproximadamente seis horas. Todas as sessões eram filmadas. Respostas aos estímulos de comparação eram anotadas em protocolos de registro.

a) *Pré-treino*

Era conduzido com as melíponas o mesmo pré-treino conduzido com *Apis*.

b) *Treino de Discriminações Condicionais*

Duas abelhas foram treinadas com relações arbitrárias do tipo AB (padrões – cores). Para balanceamento, duas outras abelhas foram treinadas com relações arbitrárias do tipo BA (cores – padrões).

As sessões de treino consistiam de blocos de 10 tentativas. Em cada bloco, cinco tentativas apresentavam um modelo e outras cinco tentativas apresentavam o outro modelo. A posição dos estímulos de comparação (esquerda - direita) seguia uma seqüência pseudo-randômica. As sessões eram organizadas com cerca de 70 tentativas por sessão, de tal modo que a sexta sessão era encerrada após 400 tentativas.

c) *Treino de Discriminação Simples*

Depois das sessões de treino de relações condicionais, cada abelha foi treinada em uma tarefa de discriminação simples entre dois padrões e treinada numa tarefa de discriminação simples entre duas cores. Essa variação de procedimento em relação ao Experimento 3A foi definida com o objetivo de comparar o desempenho no treino de discriminações condicionais ao desempenho no treino de discriminação simples, mantendo-se em ambas as tarefas o mesmo aparato e os mesmos estímulos (cores e padrões listrados).

Resultados negativos em ambas as tarefas indicariam que as abelhas apresentam dificuldade em discriminar entre os estímulos utilizados. Por outro lado, resultados negativos na tarefa de discriminação condicional, mas positivos na tarefa de discriminação simples, sugeririam que os resultados negativos na tarefa de discriminação condicional foram devidos à dificuldade da tarefa, uma vez que

aparentemente foram controladas todas as outras variáveis experimentais relevantes (espécie de abelha utilizada, estrutura de treino, aparato experimental, reforço, estímulos discriminativos, etc.).

A Abelha 1 e a Abelha 3 foram treinadas a discriminar entre A1 (horizontal, S+) versus A2 (vertical, S-) e a discriminar entre B1 (azul, S+) e B2 (amarelo, S-), enquanto a Abelha 2 e a Abelha 4 foram treinadas a discriminar entre A2 (S+) e A1 (S-) e a discriminar entre B2 (S+) e B1 (S-).

As sessões de treino consistiram de blocos de 10 tentativas. A posição dos estímulos de comparação (esquerda – direita) seguiu uma seqüência pseudo-randômica. O critério de aprendizagem era de 100% de respostas corretas em um bloco. Foi conduzido o teste qui-quadrado para avaliar a significância da proporção de respostas corretas durante aquisição de linha de base nas tarefas de discriminação condicional e nas tarefas de discriminação simples.

RESULTADOS

A Figura 18 apresenta a porcentagem de respostas corretas ao longo das sessões de treino de discriminações condicionais com melíponas. Os gráficos da coluna esquerda apresentam os resultados de treino de discriminações condicionais.

Todas as quatro abelhas responderam com desempenho ao nível do acaso nas tarefas de discriminação condicional, sem nenhum indício de aprendizagem ao longo das sessões.

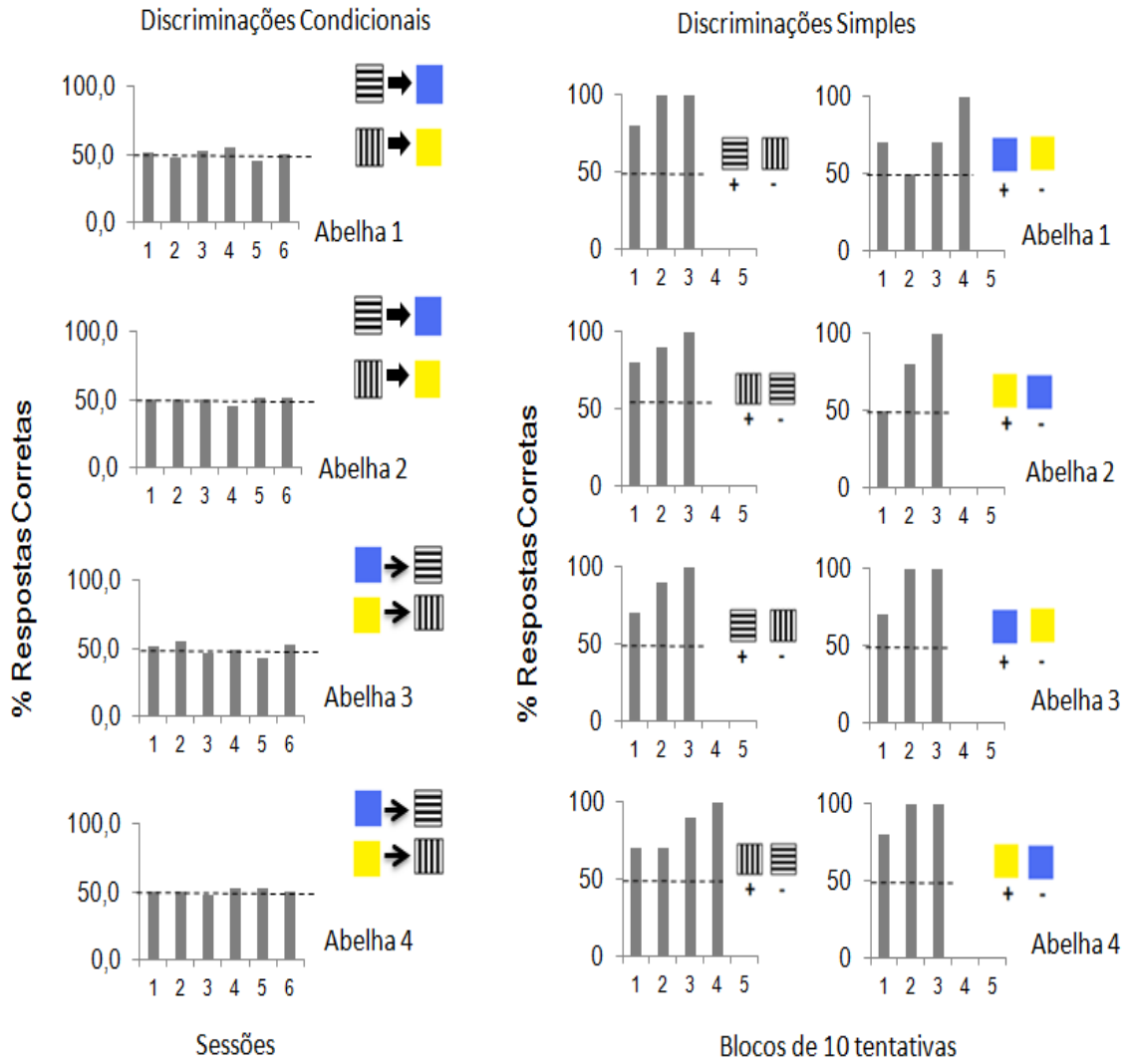


Figura 18. Resultados individuais com *Melipona rufiventris*, Experimento 3B. A coluna esquerda representa porcentagens de respostas corretas durante treino de discriminações condicionais. As colunas central e direita representam porcentagens de respostas corretas durante treinos de discriminação simples.

As duas colunas à direita na Figura 18 apresentam os resultados de treino de discriminações simples, com as mesmas abelhas. Na tarefa de discriminação simples entre padrões em preto e branco, o critério de 100% de acertos em um bloco de 10 tentativas foi atingido depois de dois a quatro blocos. Em seguida, cada abelha apresentou uma acurácia similar no treino de discriminação entre azul e amarelo. Importante notar que os estímulos usados na tarefa de discriminação simples foram os mesmos utilizados na tarefa de discriminação condicional.

Considerando-se o total de respostas corretas para cada abelha durante uma tarefa de discriminação condicional, verificou-se pelo teste de qui-quadrado (com $p < 0,01$) que nenhuma abelha apresentou proporção de respostas corretas significativa. Pelo mesmo teste, verificou-se que nas tarefas de discriminação simples as proporções de respostas corretas foram sempre significativas em todas as tarefas (com $p < 0,01$).

DISCUSSÃO GERAL

Os dados de treino de discriminações condicionais com *Apis* replicam e estendem achados prévios (Brown et al., 1998; Cooke et al., 2007; Giurfa et al., 2001; Reinhard et al., 2004; Reinhard et al., 2006; Srinivasan et al., 1998; Zhang et al., 1999), que sugerem aprendizagem, ainda que parcial. Por outro lado, esses dados claramente mostram que melíponas não resolveram essa tarefa usando-se o mesmo procedimento usado com *Apis*.

Poderia ser levantada a hipótese de que as melíponas falharam em adquirir as discriminações condicionais devido a alguma limitação quanto à capacidade de discriminar cores. De fato, os gêneros *Apis* e *Melipona* diferem quanto às características de seus fotoreceptores (Menzel et al., 1989). Abelhas do gênero *Melipona* discriminam melhor que *Apis* na região verde-azulada do espectro, enquanto a *Apis* apresenta melhor

discriminação que a *Melipona* com as outras cores. Contudo, diferenças perceptuais entre as espécies não explicam os resultados do Experimento 3B. Os dados de discriminação simples com *Melipona* indicaram que os sujeitos rapidamente adquiriram a discriminação entre azul e amarelo e entre os padrões em preto e branco, os mesmos estímulos que serviram no treino de discriminações condicionais. Portanto, a dificuldade parece residir na exigência de relacionar arbitrariamente os estímulos, o que replica outros estudos com não-humanos (Iversen, 1997; Iversen et al., 1986; Kamil & Sacks, 1972).

É possível que os resultados negativos na tarefa de emparelhamento arbitrário com melíponas estejam relacionados com padrões de forrageamento. Embora as melíponas (incluindo a *M. rufiventris*) sejam polinizadoras generalistas, essas abelhas exploram um nicho mais restrito que a *Apis mellifera* (Biesmeijer & Slaa, 2006; Ramalho et al., 1990; Wilms, Imperatriz-Fonseca, & Engels, 1996; Wilms & Wiechers, 1997).

As melíponas se concentram em plantas com intensa florescência, que ocorre por um curto período de tempo. Devido ao número relativamente reduzido de indivíduos em uma colméia de *Melipona*, as operárias não precisam estocar grandes quantidades de alimento para sobreviver (Ramalho et al., 1989). A exploração de um nicho restrito reduz a necessidade de aprender um espectro amplo de dicas visuais fornecidas pelas flores distribuídas em uma área de forrageamento, diferentemente do que ocorre com a *Apis*.

Além disso, espécies de *Melipona* usam estratégias de recrutamento de campeiras relativamente mais simples do que a *Apis*. Embora as melíponas apresentem uma diversidade de mecanismos de recrutamento, como produção de som no interior da colméia (Esch, Esch, & Kerr, 1965), produção de trilhas olfativas e marcas olfativas

sobre as fontes de alimento (Hrncir, 2009; Jarau, 2009; Nieh, 2004), nenhum desses mecanismos alcança a sofisticação e complexidade da dança para comunicar fontes de alimento, produzida exclusivamente por abelhas do gênero *Apis* (Dyer, 2002; von Frisch, 1967). As formas mais simples de recrutamento e forrageamento em melíponas, além da ausência de dança, que requer considerável memória, podem ter impedido a evolução de aprendizagens mais “abstratas”, como as requeridas para a aprendizagem de relações condicionais entre estímulos.

No Experimento 3B, as tarefas de discriminação simples foram conduzidas apenas como uma forma de verificar controle experimental. Todos os parâmetros experimentais importantes da tarefa de discriminação condicional, como qualidade do reforço, qualidade dos estímulos discriminativos e estrutura de treino foram mantidos. Além disso, e talvez mais importante, foi usado um delineamento de sujeito como próprio controle. Após ser treinado em uma tarefa de discriminação condicional, o mesmo sujeito era treinado em duas tarefas de discriminação simples. Uma vez que foram produzidos resultados negativos na tarefa de discriminação condicional, mas não nas tarefas de discriminação simples, aumenta-se a confiança em que possíveis falhas no controle experimental não foram fator determinante dessa diferença nos resultados.

Os resultados positivos na tarefa de discriminação simples entre padrões em preto e branco no Experimento 3B são notáveis no sentido de que diferem de resultados de estudos anteriores conduzidos no mesmo laboratório. Em um experimento no estudo de Moreno (2003), conduzido com *M. quadrifasciata*, quatro abelhas foram treinadas a discriminar entre padrões em preto e branco, tendo sido obtidos resultados negativos. Uma diferença entre o procedimento daquele estudo e o procedimento do Experimento 3B era a posição dos estímulos. No primeiro estudo, os estímulos eram posicionados horizontalmente sobre os aparelhos experimentais e os sujeitos pousavam nas bordas

dos estímulos, enquanto no Experimento 3B os estímulos eram posicionados verticalmente e os sujeitos voavam através de uma abertura no centro dos estímulos.

Os dados do teste de simetria com *Apis* no Experimento 3A confirmam os resultados negativos de um numeroso conjunto de estudos sobre relações emergentes com outras espécies (Dugdale & Lowe, 1990; Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002; Lipkens, Kop, & Matthijs, 1988), enquanto diferem dos os resultados positivos relatados por Zhang et al. (1999). Naquele estudo, depois de aprender a responder a relações do tipo ABC e A'B'C', era conduzido um teste com recombinações desses estímulos; por exemplo, BAC e B'A'C'. Os resultados positivos naquele teste podem ser interpretados como uma demonstração da propriedade de simetria. Entretanto, o procedimento usado por Zhang et al. (1999) não pode ser imediatamente comparado ao procedimento do presente estudo.

Uma das diferenças mais relevantes parece ser o fato de que no presente estudo o teste da propriedade simetria era conduzido em extinção, enquanto no estudo de Zhang et al. (1999) todos os testes eram conduzidos em situação de reforçamento das respostas corretas. Naquele estudo, três a quatro blocos de teste eram conduzidos para cada recombinação de estímulos. Cada bloco de teste durava entre 10 e 15 minutos, de tal modo que cada abelha podia responder em no máximo três tentativas por bloco, ou 12 tentativas no total. Os autores não informaram se o desempenho nos testes variou ao longo dos blocos. Contudo, ao se considerar o número de visitas na situação de teste, parece improvável que os resultados positivos sejam devidos a aprendizagem rápida. Em resumo, não está claro que variáveis podem ter contribuído para a diferença dos resultados entre *Apis* e *Melipona* na tarefa de discriminações condicionais e para os resultados negativos com *Apis* no teste de simetria.

Deve-se notar que é possível conduzir um procedimento de teste em situação de reforçamento de tal modo que se evite que resultados positivos sejam confundidos com aprendizagem rápida, como pode ser argumentado em relação ao estudo de Zhang et al. (1999). Por exemplo, no estudo de Velasco, Huziwara, Machado e Tomanari (2010), pombos foram treinados com relações arbitrárias do tipo AB e CD e então passaram também a ser treinados (em situação de reforçamento de respostas corretas) com relações simétricas, por exemplo, B2-A2 e D2-C2 e com relações não-simétricas, como D1-A1 e B1-C1. A aquisição mais rápida das relações simétricas do que das relações não-simétricas mostrou, com três sujeitos, que as relações de linha de base tinham a propriedade de simetria. Tais resultados sugerem que estudos futuros sobre relações emergentes em abelhas poderiam se beneficiar com o uso de um procedimento de teste similar ao de Velasco et al. (2010).

Experimento 4- Teste de controle por seleção e controle de rejeição em abelhas

Uma questão explorada no presente experimento diz respeito a quais tipos de controle (pelo estímulo positivo e/ou pelo estímulo negativo) são estabelecidos em uma tarefa discriminativa com abelhas (ver Introdução Geral, pp. 36-42). Esses dados poderiam fornecer pistas a respeito do papel do controle por seleção e controle por rejeição no estabelecimento de relações arbitrárias e, talvez, no surgimento de relações emergentes entre estímulos.

Os resultados dos Experimentos 1, 2 e 3 indicaram que repertórios como discriminação simples e reversão de discriminação são estabelecidos rapidamente e que, sob certas condições, os repertórios de emparelhamento por identidade também podem ser estabelecidos em abelhas. Por outro lado, os dados de treino de emparelhamento arbitrário são inconclusivos, mostrando a necessidade de se identificar quais variáveis estão implicadas nos resultados negativos.

O principal objetivo deste estudo foi testar controle por seleção e controle por rejeição em linhas de base de discriminação simples em melíponas.

Experimento 4A- Teste de controle por seleção e por rejeição em abelhas: Fase 1

MÉTODOS

Sujeitos

Foram utilizadas 20 abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, todas experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colméia.

Equipamentos e materiais

A Figura 19 representa as caixas experimentais utilizadas neste experimento. Foram empregadas simultaneamente duas caixas (uma para o S+ e a outra para o S-). Os equipamentos foram adaptados daqueles desenvolvidos por Pessotti (1969).

O aparato era controlado eletronicamente por uma interface ligada a um microcomputador IBM®, com sistema operacional *Windows*®, de tal modo que toda a contingência de reforço era controlada automaticamente.

Cada um dos dois aparelhos era formado por uma caixa de acrílico leitoso, com fundo quadrado medindo 27,0 cm X 27,0 cm e 29,0 cm de altura. Na área superior do aparelho foram instaladas duas barras, a uma distância de 5,0 cm de um bebedouro, e a uma distância de 6,0 cm uma da outra. No interior de cada aparelho, encontrava-se um recipiente para acondicionar uma solução de açúcar (xarope), concentrada a 50%, e um mecanismo que elevava uma concha com aproximadamente 0,5 ml de xarope ao bebedouro. Cada barra encontrava-se presa a um mecanismo que podia fechar um sistema fotoelétrico, o qual acionava automaticamente um sistema que disponibilizava a solução de açúcar junto ao bebedouro. Cada caixa experimental continha duas barras. No presente estudo era utilizada apenas uma barra de cada caixa.

Na superfície de cada caixa encontravam-se duas áreas para projeção de luz, ambas com forma de semicírculo, de acrílico translúcido. As duas áreas, contíguas, formavam um círculo com 12 cm de diâmetro. Apenas o semicírculo frontal era utilizado.

Os estímulos discriminativos eram formados por projeções de luzes emitidas por LEDs de alto brilho (Hebei I.T. Co., Ltd., Shangai). O estímulo definido como azul (A2) era uma projeção de luz com comprimento de onda predominante igual a 470 nm.

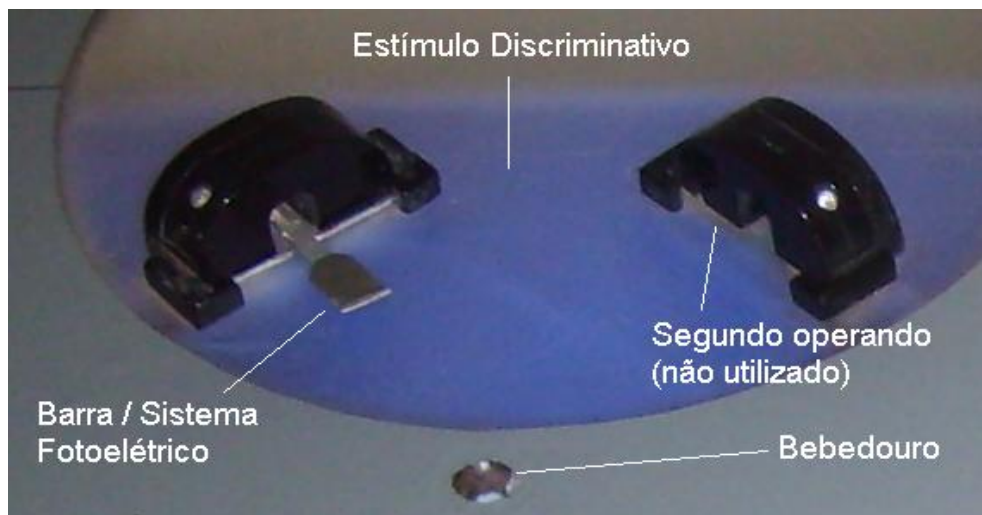
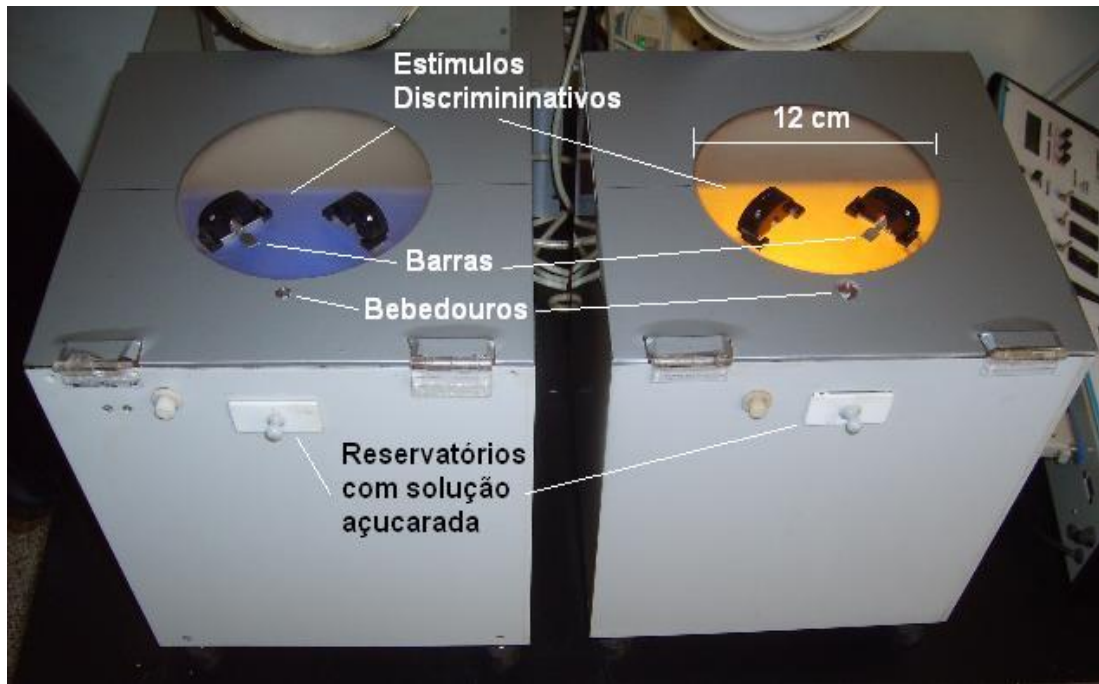


Figura 19. Painel superior: situação experimental durante treino de discriminação simples com aparelhos de controle automático no Experimento 4. Painel inferior: detalhes de uma caixa experimental, sinalizada com o estímulo azul. A cada tentativa, a apresentação dos estímulos discriminativos (luzes), o registro de respostas operantes (pressão à barra) e apresentação do estímulo reforçador (solução de açúcar) eram automaticamente controlados por computador. A posição dos estímulos (no aparelho “esquerdo” ou no aparelho “direito”) podia ser alternada, entre as tentativas, em uma seqüência pseudo-aleatória, definida previamente em um arquivo de comandos.

O estímulo definido como amarelo (A1) tinha comprimento de onda predominante igual a 590 nm. O estímulo definido como branco (N1) era uma projeção com temperatura de cor igual a 6500 K. A Figura 20 representa as curvas de distribuição espectral dos LEDs utilizados neste experimento.

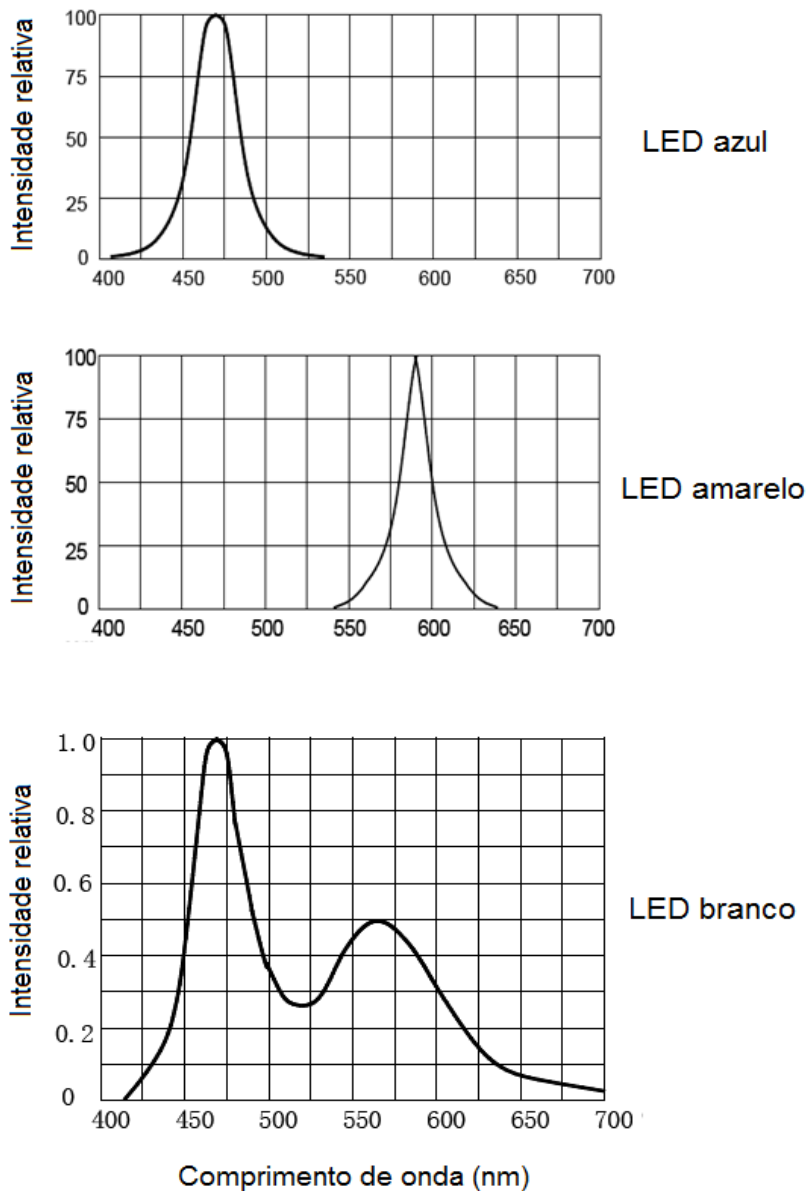


Figura 20. Distribuição espectral de LEDs de alto brilho utilizados no Experimento 4, como estímulos discriminativos.

Procedimento

a) Identificação do sujeito

A identificação do sujeito era feita nas mesmas condições do Experimento 1.

b) Modelagem de pouso sobre o aparelho e modelagem da resposta de sugar no bebedouro

Um recipiente com xarope, apoiado em um suporte, era gradualmente deslocado em direção às caixas experimentais. Em seguida, algumas gotas de xarope eram depositadas sobre o piso de uma das caixas. Quando uma abelha estivesse regularmente recolhendo xarope nessa área, algumas gotas de xarope passavam a ser depositadas próximo ao bebedouro de uma das caixas experimentais (a outra caixa experimental permanecia coberta).

Em seguida, o tampo era limpo e o xarope passava a ficar disponível apenas no bebedouro. Nesse momento, todas as luzes do aparelho permaneciam apagadas. Em seguida, essa caixa era tampada e a outra caixa experimental ficava disponível. Então, o mesmo procedimento era repetido com essa segunda caixa.

c) Modelagem da resposta de pressão-à-barras

Quando o sujeito estava voando sistematicamente ao aparelho e sugando o xarope, o acesso ao bebedouro passava a ser restrito: o xarope ficava disponível apenas com sua aproximação à barra. Em visitas posteriores, o sujeito recebia reforço apenas quando tocava a barra. Finalmente, apenas as respostas de pressão à barra eram reforçadas. Após algumas pressões à alavanca, o segundo aparelho era descoberto e o sujeito era treinado a pressionar a barra nesse outro aparelho. Tipicamente, essa resposta era modelada entre uma e duas horas. O procedimento era encerrado depois de cerca de 20 respostas de pressão à barra.

d) Discriminação Simples

Para o treino de discriminação simples, os estímulos foram balanceados entre as abelhas, definindo-se duas condições, descritas na Tabela 4. Dez abelhas (Condição 1) foram treinadas a discriminar entre A1 (amarelo), com função de S+, e A2 (azul), com função de S-. O inverso foi definido para outras 10 abelhas.

Toda tentativa iniciava com a projeção desses dois estímulos, A1 e A2. A posição dos estímulos (no aparelho “direito” ou no aparelho “esquerdo”) podia ser alternada, entre as tentativas, em uma seqüência pseudo-randômica, definida previamente em um arquivo de comandos.

Uma resposta de pressão-à-barras na caixa experimental que projetava o estímulo definido como correto liberava o bebedouro com xarope por 55 s. Em seguida, todas as luzes eram mantidas apagadas e os bebedouros eram bloqueados por 10 s (intervalo entre tentativas - ITI). Tipicamente, após uma resposta correta, uma abelha colhia o xarope e retornava à colméia antes do início do ITI. Uma resposta de pressão-à-barras na caixa experimental que projetava o estímulo de comparação definido como incorreto finalizava a tentativa e iniciava o ITI.

Cada sessão experimental tinha duração aproximada de 6 horas. Uma sessão de treino era organizada em blocos de 10 tentativas. O procedimento completo com cada abelha consistia em apenas uma sessão.

Tabela 4

Condições de treino e teste de controle por seleção ou controle por rejeição com 20 *M. rufiventris*. Dez abelhas (Condição 1) foram treinadas a discriminar entre A1 (S+) e A2 (S-). Dentre essas abelhas, cinco foram expostas apenas sondas de seleção, com os estímulos A1 e N1 (branco), enquanto as outras cinco abelhas foram expostas apenas sondas de rejeição, nas quais eram apresentados os estímulos N1 (branco) e A2. Outras dez abelhas (Condição 2) foram treinadas a discriminar entre A2 (S+) e A1 (S-). Dentre essas abelhas, cinco abelhas foram expostas apenas sondas de seleção, nas quais eram apresentados os estímulos A2 e N1, enquanto outras cinco abelhas foram expostas apenas sondas de rejeição, nas quais eram apresentados os estímulos N1 (branco) e A1.

Condição	No. de sujeitos	Linha de base		Sonda de seleção (S+)	Sonda de seleção indefinido	Sonda de rejeição	
		S+	S-			indefinido	(S-) (S-)
1	5	A1 (amarelo)	A2 (azul)	A1 (amarelo)	N1 (branco)	-	-
	5	A1 (amarelo)	A2 (azul)	-	-	N1 (branco)	A2 (azul)
2	5	A2 (azul)	A1 (amarelo)	A2 (azul)	N1 (branco)	-	-
	5	A2 (azul)	A1 (amarelo)	-	-	N1 (branco)	A1 (amarelo)

Quando era atingido o critério de 100% de acertos em um bloco, o esquema de reforçamento passava a ser intermitente – em oito tentativas por bloco as respostas corretas eram reforçadas; em outras duas tentativas, uma resposta correta era seguida de ITI e início de outra tentativa. O treino era encerrado ao ser atingido o critério de pelo menos 90% de acertos em três blocos consecutivos.

e) Teste de controle por seleção e controle por rejeição.

Quando a linha de base estava bem estabelecida, era introduzido um teste de controle por seleção ou um teste de controle por rejeição. Com metade dos sujeitos foram conduzidas apenas sondas de seleção. Com outra metade dos sujeitos foram conduzidas apenas sondas de rejeição, conforme descrito na Tabela 4.

Cada bloco de teste continha duas tentativas de sonda inseridas entre oito tentativas de linha de base. Foram conduzidos quatro blocos de teste; portanto, oito sondas com cada sujeito. Uma sonda consistia na substituição de um dos estímulos, A1 ou A2, por um estímulo indefinido, N1 (branco). Em qualquer sonda (de seleção ou de rejeição), o estímulo indefinido, N1, era sempre o estímulo branco⁵.

Nas sondas de controle por seleção, N1 (branco) substituiu o estímulo com função de S-. Portanto, para cinco abelhas, N1 substituiu A2; para cinco outras abelhas, N1 substituiu A1. Nas sondas de controle por rejeição, N1 substituiu o estímulo com função de S+. Portanto, para cinco abelhas, N1 substituiu A1; para cinco outras abelhas, N1 substituiu A2.

Em uma sonda, qualquer resposta de pressão-à-barra tinha como consequência o início do ITI seguido pelo início de uma tentativa de linha de base (sondas em extinção). O controle por seleção era definido como respostas ao estímulo que tinha função de S+ durante o treino, em vez de respostas ao estímulo indefinido N1. O

⁵ Aqui, o termo “indefinido” se refere a um estímulo não utilizado durante a fase de treino.

controle por rejeição era definido como respostas ao estímulo indefinido N1, em vez de respostas ao estímulo que tinha função de S- durante o treino.

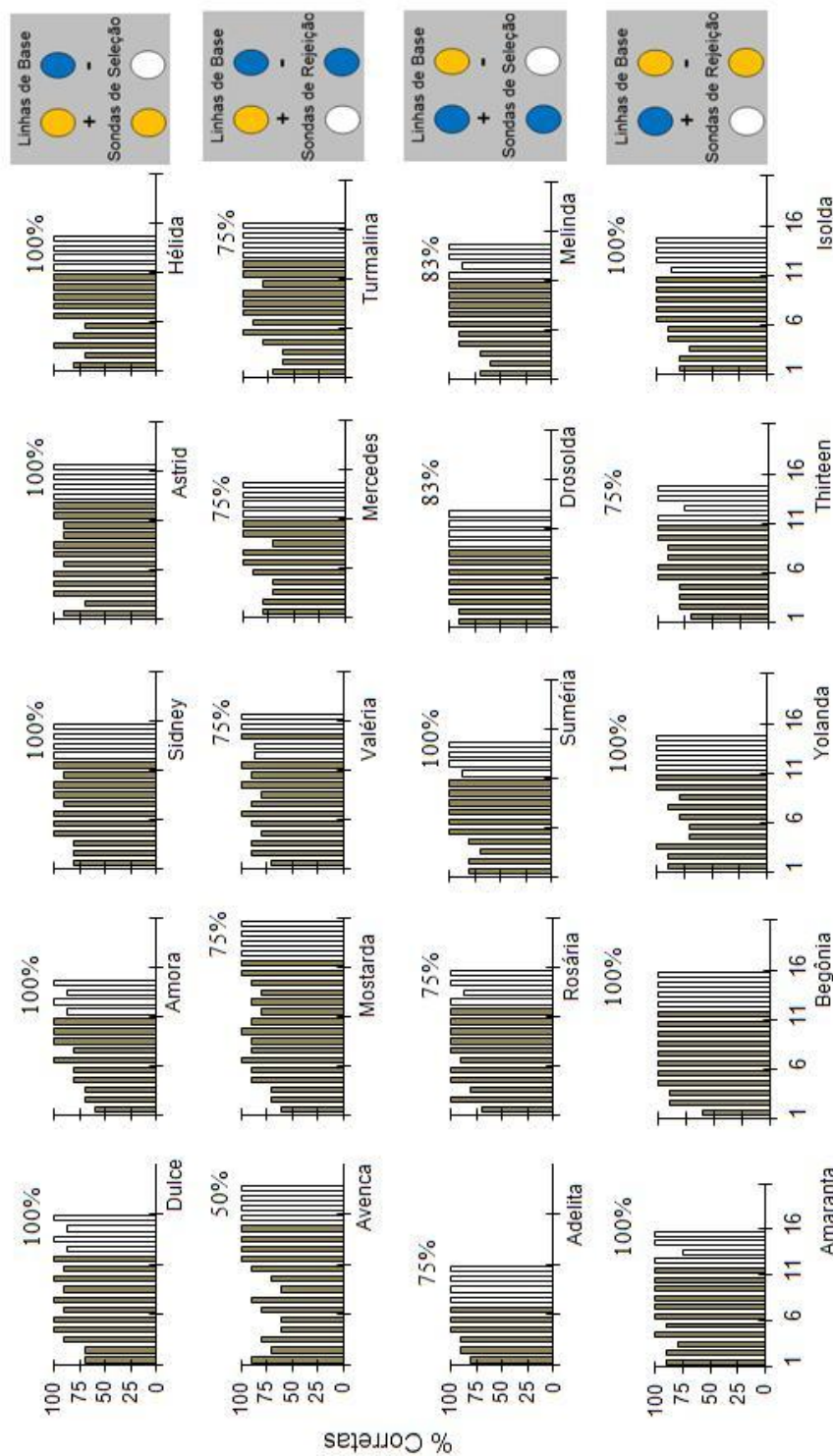
Sempre que houvesse perda na acurácia em tentativas de linha de base em um bloco de teste, esse bloco era seguido por um bloco de treino. Em contrário, um bloco de teste podia ser seguido por outro(s) bloco(s) de teste. Com todas as abelhas eram conduzidos quatro blocos de teste.

RESULTADOS

A Figura 21 mostra os resultados de treino de discriminação simples para as abelhas da Condição 1 e da Condição 2. As barras escuras representam porcentagem de acertos em blocos de 10 tentativas de treino. As barras brancas representam porcentagem de acertos em oito tentativas de linha de base em blocos de teste (um bloco de teste era formado por oito tentativas de linha de base e duas sondas de controle por seleção ou duas sondas de controle por rejeição).

Nas duas primeiras linhas da Figura 21 são apresentados os gráficos das abelhas da Condição 1, para as quais o estímulo A1 (amarelo) tinha função de S+ e o estímulo A2 (azul) tinha a função de S-.

Por exemplo, o primeiro gráfico à esquerda na primeira linha mostra os resultados de treino com a abelha Dulce. Essa abelha atingiu o critério de aquisição (90% de acertos em três blocos consecutivos) depois de 5 blocos de treino. Porém o treino foi estendido até serem conduzidos 11 blocos de treino, apenas para o objetivo de observar a estabilidade do responder acurado.



Blocos de tentativas de linha de base

Figura 21. Porcentagem de respostas corretas durante treino de discriminação simples simultânea entre A1 (amarelo) e A2 (azul). Os dois painéis superiores representam treino e teste para as abelhas da Condição 1; os dois painéis inferiores representam treino e teste da Condição 2. As barras escuras representam porcentagens de respostas corretas em blocos de treino. As barras brancas representam porcentagens de acertos apenas em tentativas de linha de base em blocos de teste. Acima das barras são representadas porcentagens de respostas consistentes em sondas de seleção ou em sondas de rejeição.

Em seguida foram conduzidos quatro blocos de teste. Essa abelha apresentou um erro em tentativa de linha de base no primeiro e no terceiro blocos de teste.

Na terceira e quarta linhas da Figura 21 são apresentados os gráficos das abelhas da Condição 2, para as quais o estímulo A2 (azul) tinha função de S+ e o estímulo A1 (amarelo) tinha a função de S-.

Por exemplo, com as abelhas Amaranta e Begônia foram conduzidos 11 blocos de treino antes do primeiro bloco de teste. Amaranta apresentou dois erros de linha de base durante o segundo bloco de teste, enquanto Begônia não apresentou erros de linha de base durante o teste.

A Tabela 5 mostra o desempenho das abelhas deste experimento nos testes de controle por seleção ou de controle por rejeição. Os dois painéis superiores representam o desempenho de abelhas da Condição 1, enquanto os dois painéis inferiores representam o desempenho de abelhas da Condição 2. Os dois painéis esquerdos representam o desempenho em sondas de seleção, enquanto os dois painéis direitos representam o desempenho em sondas de rejeição. Abaixo de cada painel é indicada a porcentagem de respostas consistentes com a linha de base para um conjunto de cinco abelhas. Na coluna esquerda da última linha da Tabela 5 é indicada a porcentagem de respostas consistentes com a linha de base em sondas de seleção considerando todas as 10 abelhas expostas a esse tipo de sonda. Na coluna direita dessa linha é indicada a porcentagem de respostas consistentes com a linha de base em sondas de rejeição para todas as 10 abelhas expostas a esse tipo de sonda.

Tabela 5

Desempenho em sondas de controle por seleção e de controle por rejeição para 20 abelhas do Experimento 4A. O sinal “√” indica resposta consistente com controle de seleção ou consistente com controle de rejeição. A letra “X” indica resposta inconsistente com o controle testado.

Condição 1	
Linha de base: A1+ (amarelo) /A2- (azul)	
Sondas de seleção (A1+/ N1)	Sondas de rejeição (N1+/ A2-)
Dulce √ √ √ √ √ √ √ √	Avenca √ X √ √ X √ X X
Amora √ √ √ √ √ √ √ √	Mostarda √ √ X √ √ √ √ X
Sidney √ √ √ √ √ √ √ √	Valéria √ √ X X √ √ √ √
Astrid √ √ √ √ √ √ √ √	Mercedes √ √ √ X X √ √ √
Hélida √ √ √ √ √ √ √ √	Turmalina √ √ X √ √ √ X √
% Respostas consistentes: 100%	% Respostas consistentes: 70%
Condição 2	
Linha de base: A2+ (azul) /A1- (amarelo)	
Sondas de seleção (A2+/ N1)	Sondas de rejeição (N1+/ A1-)
Adelita √ √ X √ √ √ X √	Amaranta √ √ √ √ √ √ √ √
Rosária √ √ X √ √ √ X √	Begônia √ √ √ √ √ √ √ √
Suméria √ √ √ √ √ √ √ √	Yolanda √ √ √ √ √ √ √ √
Drosolda √ X √ √ √ √ √ √	Thirteen √ √ √ X X √ √ √
Melinda √ √ √ X √ √ √ √	Isolda √ √ √ √ √ √ √ √
% Respostas consistentes: 85%	% Respostas consistentes: 95%
% Respostas consistentes em sondas de seleção: 92,5%	% Respostas consistentes em sondas de rejeição: 82,5%

O painel superior esquerdo da Tabela 5 mostra os resultados com Dulce, Amora, Sidney, Astrid e Héliida. Depois do treino de discriminação entre A1+ (amarelo) e A2- (azul), foram conduzidas oito sondas de controle por seleção com cada abelha. Todas apresentaram apenas respostas sob controle de seleção, ou seja, sempre escolheram o estímulo A1+ em vez de N1.

O painel superior direito mostra os resultados com Avenca, Mostarda, Valéria, Mercedes e Turmalina, que também foram treinadas a discriminar entre A1+ (amarelo) e A2- (azul). Em seguida, foram conduzidas oito sondas de controle por rejeição com cada abelha. Essas abelhas apresentaram o desempenho mais irregular deste experimento. A abelha Avenca apresentou quatro respostas inconsistentes com a linha de base (respondeu ao S-) do total de oito sondas. As outras quatro abelhas apresentaram duas respostas inconsistentes em oito sondas. Ainda assim, consideradas as 40 oportunidades de respostas pelas cinco abelhas, o controle de rejeição foi evidenciado em 28 das 40 sondas (70%).

O painel inferior esquerdo mostra os resultados com Adelita, Rosária, Suméria, Drosolda e Melinda. Com essas abelhas, foi conduzido o treino de discriminação entre A2+ (azul) e A1- (amarelo) e, em seguida, foram conduzidas oito sondas de seleção. A abelha Suméria apresentou apenas respostas consistentes com a linha de base. As abelhas Drosolda e Melinda apresentaram uma resposta inconsistente nas sondas. As abelhas Adelita e Rosária apresentaram duas respostas inconsistentes. No total, o controle por seleção prevaleceu em 34 (85%) das 40 sondas.

O painel inferior direito mostra os resultados de teste com Amaranta, Begônia, Yolanda, Thirteen e Isolda, que também foram treinadas a discriminar entre A2+ (azul) e A1- (amarelo). Depois de ser estabelecida a linha de base, cada abelha foi exposta a oito sondas de rejeição. A abelha Thirteen apresentou duas respostas inconsistentes com

a linha de base nas sondas, enquanto as demais abelhas apresentaram apenas respostas consistentes.

Considerando o desempenho das 10 abelhas expostas a sondas de seleção (coluna esquerda da Tabela 5), foram observadas 74 respostas ao S+ em vez de respostas ao N1 de um total de 80 sondas. Portanto, 92,5% das respostas ocorreram sob controle por seleção.

Considerando o desempenho das 10 abelhas expostas a sondas de sondas de rejeição (coluna direita da Tabela 5), foram observadas 66 respostas ao N1 em vez de respostas ao S- de um total de 80 sondas. Portanto, 82,5% das respostas ocorreram sob controle por rejeição.

Para analisar a significância estatística da proporção de respostas consistentes nas sondas de seleção e nas sondas de rejeição foi conduzido o teste binomial. Por esse teste é produzido um valor p que indica a probabilidade de que um número de respostas corretas observadas em um determinado número de tentativas seja significativamente diferente de um número de respostas corretas esperadas em um responder ao acaso (50% de respostas corretas). Por exemplo, $p < 0,05$ indica que a probabilidade de que o número observado de respostas corretas tenha sido devido ao acaso é inferior a 5%.

Com abelhas treinadas a discriminar entre A1+ (amarelo) e A2- (azul) e com as quais foram conduzidas sondas de seleção, o número de respostas consistentes foi de 40 do total 40 sondas, o que indica $p=0$. Ou seja, a probabilidade de que esse desempenho tenha sido devido ao acaso é nula.

Com as abelhas treinadas a discriminar entre A1+ (amarelo) e A2- (azul) e expostas a sondas de sondas de rejeição, o número de respostas consistentes foi de 28 do total 40 sondas, o que indica $p < 0,0032$ (probabilidade de responder ao acaso inferior a 1%).

Com as abelhas treinadas a discriminar entre A2+ (azul) e A1- (amarelo) e expostas a sondas de seleção, o número de respostas consistentes foi de 34 do total 40 sondas, o que indica $p < 0,0001$ (probabilidade de responder ao acaso inferior a 1%).

Com abelhas treinadas a discriminar entre A2+ (azul) e A1- (amarelo) e expostas a sondas de rejeição, o número de respostas consistentes foi de 38 do total 40 sondas, o que também indica $p < 0,0001$.

Portanto, para as quatro situações de treino e teste a proporção de respostas consistentes nas sondas foi significativa. Ou seja, em todos os casos foi evidenciado controle por seleção ou controle por rejeição.

Para testar a significância estatística das diferenças de proporções de respostas consistentes entre as condições de treino e teste foi o conduzido o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (com 5% de significância) e o método de Dunn, obtendo-se resultados que indicam ser significativa a diferença entre a porção de respostas consistentes na situação de linha de base tendo o estímulo amarelo como S+ e sondas de seleção (em que foram obtidas apenas respostas consistentes) e a situação de linha de base tendo o estímulo amarelo como S+ e sondas de rejeição (em que foram obtidas 28 respostas consistentes em 40 tentativas).

Contudo, não se verificou diferença significativa quando foram feitas outras comparações entre as situações de treino e teste. Além disso, não se verificou diferença significativa ao se comparar os resultados do total de sondas de seleção aos resultados do total de sondas de rejeição. Ou seja, as topografias de controle de estímulos por seleção e por rejeição foram estabelecidas de modo similar.

Experimento 4B- Teste de controle de seleção e controle por rejeição: Fase 2

Este experimento foi conduzido no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem, Universidade Federal de São Carlos. Foram usadas abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, como no Experimento 4A. Contudo, enquanto no Experimento 4A era requerida uma resposta de pressão-à-barra, com controle automático da apresentação do reforço (xarope) e dos estímulos discriminativos, no presente experimento foi utilizado aparato experimental similar ao utilizado no Experimento 3, constituído por um túnel em Y, no qual a resposta consistia em voar através de um estímulo posicionado verticalmente.

Outra diferença importante foi que todas as abelhas foram avaliadas tanto em sondas de seleção quanto em sondas de rejeição. No Experimento 4A, metade dos sujeitos era exposta apenas a sondas de seleção, enquanto a outra metade era exposta apenas a sondas de rejeição.

MÉTODO

Sujeitos

Foram utilizadas quatro abelhas da espécie *Melipona rufiventris*, todas ingênuas, procedentes da mesma colméia.

Equipamentos e materiais

Foi usado um túnel (1,25 m X 0,25 m X 0,25 m) em madeira, coberto por uma placa de vidro. No final do túnel eram posicionadas duas placas de madeira posicionadas verticalmente, cada uma carregando um estímulo visual. O túnel era posicionado próximo à entrada da colméia. Os estímulos visuais eram figuras medindo 12 cm X 12 cm. Eram usados os estímulos A1 (azul), A2 (amarelo) e N1 (vertical) (Figura 22).



Figura 22. Situação experimental durante tentativas de treino de discriminação e sondas de seleção e de rejeição no Experimento 4B. As fotos ilustram a situação de treino (a) e teste (b e c) para duas abelhas, as quais foram treinadas a discriminar entre A1+ (azul) e A2- (amarelo) e, em seguida, foram expostas a quatro sondas de seleção e quatro sondas de rejeição. Duas outras abelhas foram treinadas a discriminar entre A2+ (amarelo) e A1- (azul) e também foram expostas a quatro sondas de seleção e quatro sondas de rejeição. Detalhes sobre as condições de treino e teste são apresentados na Tabela 6.

Procedimento

As abelhas eram individualmente marcadas e treinadas. Era conduzido treino de discriminação simples e teste de controle por seleção e por rejeição com cada abelha. O procedimento completo com cada abelha era conduzido em apenas uma sessão. Todas as sessões eram filmadas. Respostas aos estímulos de comparação eram anotadas em protocolos de registro.

d) Pré-treino

As abelhas eram inicialmente ensinadas por aproximação sucessiva a coletar xarope em bebedouros não marcados por estímulos discriminativos em duas câmaras na área terminal do túnel.

e) *Treino de Discriminação Simples*

A Tabela 6 apresenta situação de treino e teste para todos os sujeitos deste experimento. Duas abelhas foram treinadas a discriminar entre A1+ (azul) e A2- (amarelo), enquanto duas outras abelhas foram treinadas a discriminar entre A2+ (amarelo) e A1- (azul).

Em cada tentativa de treino, o estímulo definido como S+ e o estímulo definido como S- eram simultaneamente posicionados no final do túnel. A posição dos estímulos (braço “direito” ou braço “esquerdo”) era alternada, entre as tentativas, em uma seqüência pseudo-randômica, definida previamente em um protocolo de treino.

Uma resposta de atravessar o estímulo definido como correto dava acesso a uma solução açucarada (50%) *ad libidum*. Após recolher o xarope, uma abelha retornava à colméia e, tipicamente, voava de volta ao aparato experimental cerca de um minuto mais tarde, o que definia o início de uma nova tentativa.

Uma resposta de atravessar o estímulo definido como incorreto dava acesso a uma câmara com um bebedouro contendo apenas água e a tentativa era encerrada. Uma abelha só tinha acesso ao xarope em uma nova tentativa, após uma resposta correta.

Cada sessão experimental tinha duração aproximada de seis horas. Uma sessão de treino era organizada em blocos de 10 tentativas. Quando era atingido o critério de pelo menos 90% de acertos em dois blocos consecutivos, tinha início o teste de controle por seleção e controle por rejeição.

Tabela 6

Condições de treino e teste de controle por seleção e de controle por rejeição com quatro *M. rufiventris*. Duas abelhas (Condição 1) foram treinadas a discriminar entre A1+ (azul) e A2- (amarelo). Duas outras abelhas (Condição 2) foram treinadas a discriminar entre A2+ (amarelo) e A1- (azul). Todas as abelhas (Condição 1 e Condição 2) receberam quatro sondas de seleção e quatro sondas de rejeição. Nas sondas de seleção eram apresentados simultaneamente S+ e N1. O controle por seleção era demonstrado por respostas ao S+, em vez de respostas ao N1. Nas sondas de rejeição eram apresentados simultaneamente N1 e S- e o controle por rejeição era demonstrado por respostas ao N1, em vez de respostas ao S-.

Condição	No. de sujeitos	Linha de base		Sonda de seleção		Sonda de rejeição	
		S+	S-	(S+)	indefinido	indefinido	(S-)
1	2	A1 (azul)	A2 (amarelo)	A1 (azul)	N1 (vertical)	N1 (vertical)	A2 (amarelo)
2	2	A2 (amarelo)	A1 (azul)	A2 (amarelo)	N1 (vertical)	N1 (vertical)	A1 (azul)

f) *Teste de Controle por Seleção e Controle por Rejeição*

Após o treino de discriminação simples, o teste de controle por seleção e controle por rejeição era conduzido com cada sujeito.

Um bloco de teste era constituído por uma sonda de seleção e uma sonda de rejeição distribuídas entre oito tentativas de linha de base. Em uma tentativa de sonda de seleção eram apresentados o estímulo previamente definido como S+ e o estímulo indefinido N1 (vertical). O controle por seleção era definido com uma resposta ao estímulo previamente definido como S+. Em uma sonda de rejeição, eram apresentados o estímulo previamente definido como S- e o estímulo N1. O controle por rejeição era definido como uma resposta ao estímulo indefinido N1, em vez de uma resposta ao estímulo definido previamente como S-. Em uma sonda, qualquer resposta de escolha era colocada em extinção. Ao todo, quatro sondas de seleção e quatro sondas de rejeição eram conduzidas com cada sujeito.

RESULTADOS

A Figura 23 mostra os resultados de treino de discriminação simples (linha de base) para as quatro abelhas do Experimento 4B. As barras em cinza representam porcentagem de acertos em blocos de 10 tentativas de treino. As barras brancas representam porcentagem de acertos em oito tentativas de linha de base em blocos de teste (um bloco de teste era formado por oito tentativas de linha de base, uma sonda de controle por seleção e uma sonda de controle por rejeição).

O número de blocos de treino necessários para se atingir o critério de 90% de respostas corretas em dois blocos consecutivos de 10 tentativas variou entre três (S01) e cinco (S02 e S04). As quatro abelhas apresentaram resultados idênticos nas sondas de controle por seleção e nas sondas de controle por rejeição.

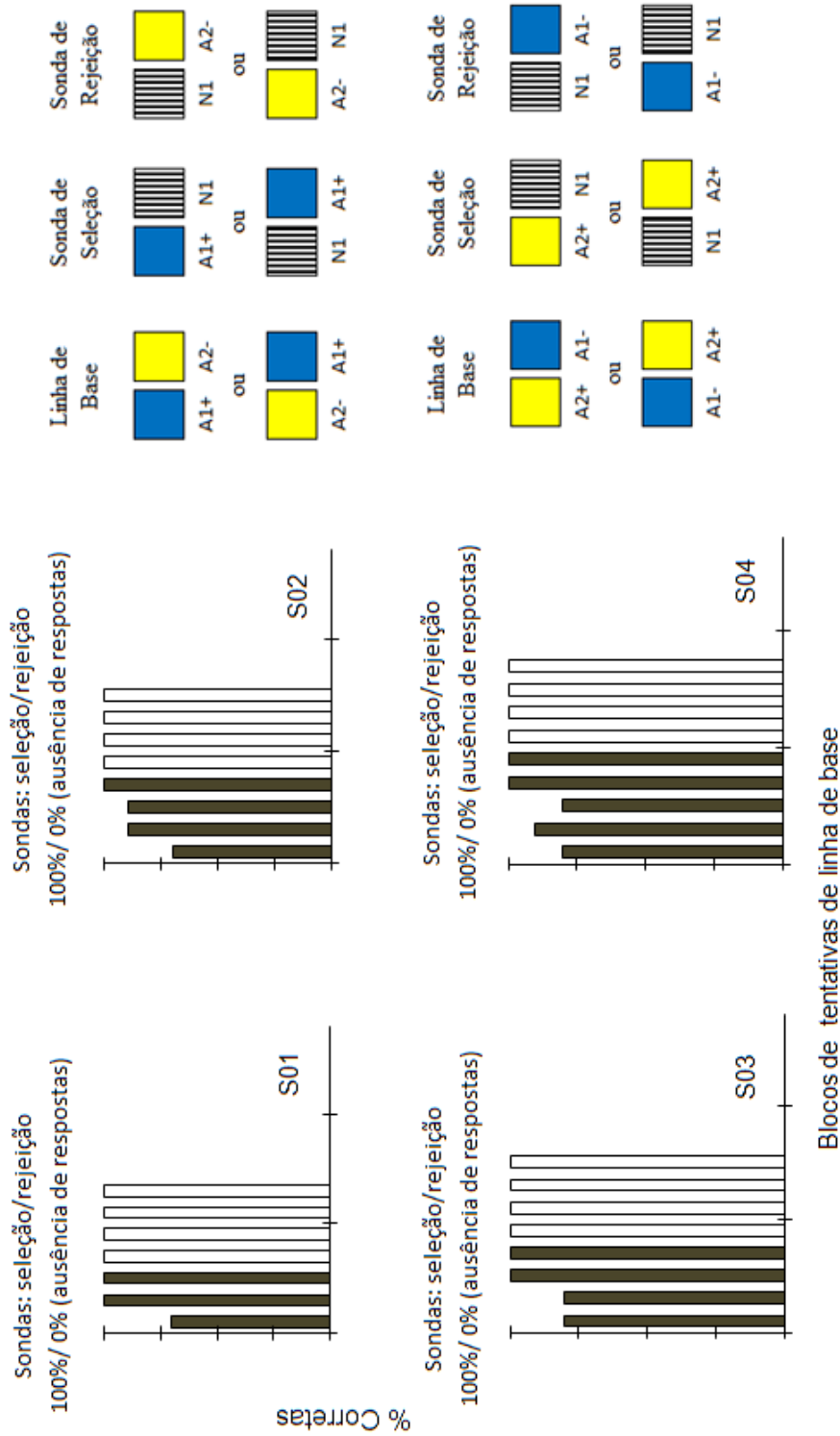


Figura 23. Porcentagem de respostas corretas durante treino de discriminação simples simultânea no Experimento 4B. As barras em cinza escuro representam percentagens de respostas corretas durante blocos de linha de base. As barras brancas representam percentagens de acertos apenas em tentativas de linha de base durante blocos de teste. Acima das barras são representadas as percentagens de respostas consistentes com a linha de base em sondas de controle por seleção e sondas de controle por rejeição.

Nas sondas de seleção, as abelhas S01 e S02 (Condição 1) responderam sempre ao estímulo S+, em vez de responderem ao estímulo indefinido N1. Em quatro sondas de controle por rejeição, essas abelhas não emitiam nenhuma resposta de escolha (ao S- ou ao estímulo indefinido), voando através do túnel de volta à colméia.

Do mesmo modo, nas quatro sondas de controle por seleção as abelhas S03 e S04 responderam sempre ao S+ em vez de responderem ao estímulo indefinido N1. Nas quatro sondas de controle por rejeição, assim como as abelhas S01 e S02, as abelhas S03 e S04 não emitiram qualquer resposta de escolha, simplesmente retornando à colméia.

É importante observar que a linha de base não deteriorava em seguida a sondas de seleção ou sondas de rejeição. Para as quatro abelhas, a acurácia em tentativas de linha de base manteve-se em 100% desde o início do teste. No conjunto, os resultados indicaram sólido controle por seleção, isto é, sob controle do S+, independentemente de qual fosse o outro estímulo. Ou seja, o padrão de respostas não se alterou quando o S- foi substituído pelo estímulo indefinido N1 (padrão listrado vertical).

Por outro lado, nas condições do presente experimento o controle por rejeição não parece ter se estabelecido. Quando o S+ não estava presente, se respondesse por rejeição ao S-, que estava disponível juntamente com o estímulo indefinido N1, essa abelha deveria responder sem hesitação ao padrão vertical.

DISCUSSÃO GERAL

Os dados do Experimento 4A, conduzido com um aparato no qual era requerida resposta de pressão-à-barras, demonstraram o estabelecimento tanto de controle por seleção quanto de controle por rejeição em linhas de base de discriminação simples. Por outro lado, os dados do Experimento 4B, conduzido em um túnel em Y, mostraram o

estabelecimento de controle por seleção, mas não o controle por rejeição, em linhas de base de discriminação simples.

No Experimento 4A, o número de blocos de 10 tentativas de treino conduzidos antes do início do teste variou entre seis e dezesseis. Deve ser destacado que a inserção de sondas aparentemente não deteriorava a linha de base. Nenhuma abelha apresentou mais de dois erros em tentativas de linha de base em blocos de teste. No Experimento 4B, as quatro abelhas treinadas a discriminar entre azul e amarelo apresentados como figuras impressas adquiriram a linha de base ainda mais rapidamente. Foram necessárias no máximo 50 tentativas de treino para se atingir o critério para o início do teste.

Os resultados de teste no Experimento 4A mostraram que as abelhas respondiam tanto sob controle por seleção quanto controle por rejeição, o que apóia os dados do estudo de Aust, Range, Steurer, & Huber (2008), que mostraram controle misto (por seleção e por rejeição) no repertório de discriminação simples de não-humanos (três dentre seis cães) e dados de Goulart, Mendonça, Barros, Galvão e McIlvane (2005), que demonstram controle misto com macacos-prego. Os dados de teste do Experimento 4B mostraram claramente que a contingência de treino produziu apenas controle por seleção. Em 16 tentativas, ao todo, as respostas de escolha incidiram sempre ao estímulo positivo.

A situação de teste de controle por rejeição no Experimento 4B, no entanto, produziu um resultado diferente do resultado obtido no Experimento 4A. No Experimento 4B, as quatro abelhas apresentaram o mesmo comportamento nas 16 sondas de rejeição. Diante do estímulo S- e o estímulo indefinido, essas abelhas apenas voavam até perto desses estímulos discriminativos, mas sem emitir nenhuma resposta de escolher, nem mesmo tocar os estímulos, e então voavam de volta à colméia. Em seguida, quando voltavam a ser apresentadas tentativas de linha de base, o desempenho

continuava acurado. Esse resultado confirma, então, resultados de outros estudos que relataram a ausência de controle por rejeição em não-humanos (Asano et al., 1982; Cumming & Berryman, 1965).

Essa diferença entre o Experimento 4A e o Experimento 4B quanto ao responder em sondas de rejeição poderia ser explicada pelo fato de que no Experimento 4A as respostas de escolha consistiam em pressionar uma alavanca, em vez de atravessar uma abertura em um estímulo, como no Experimento 4B. A resposta de atravessar um estímulo, de fato, mostrou-se relativamente difícil de ser modelada, embora a linha de base fosse adquirida rapidamente. Por outro lado, é provável que no Experimento 4A o próprio operando tenha adquirido forte controle discriminativo, facilitando as respostas de escolha mesmo diante do estímulo indefinido. Uma vantagem do aparato de controle automático é que a resposta operante de pressão à barra fornece um *feedback* preciso do próprio comportamento, facilitando o estabelecimento e manutenção dessa resposta operante (Catania, 1999, p. 159; Critchfield & Lattal, 1993). Outra possibilidade pode ser o efeito da quantidade de treino, que foi maior no Experimento 4A.

Deve ser destacado que o Experimento 4B, em comparação ao Experimento 4A, é mais adequado para avaliar as relações de controle estabelecidas nas discriminações simples. No Experimento 4A, cada abelha passava apenas pelo teste de controle por seleção ou apenas pelo teste de controle por rejeição. Em sondas de controle por seleção, respostas ao S+ em vez de respostas ao estímulo indefinido podem ser interpretadas como respostas sob controle por seleção. Contudo, não pode ser descartada a hipótese de que tal responder foi controlado por rejeição estímulo indefinido. Em sondas de controle por rejeição, definiu-se que respostas ao estímulo indefinido em vez de respostas ao S- demonstrariam tal controle. Porém, não pode ser descartada a hipótese de que, nesse caso, respostas ao estímulo indefinido foram

controladas pela “novidade”, em vez de rejeição ao S-. Por outro lado, no procedimento do Experimento 4B, o mesmo estímulo indefinido era apresentado ora com o S+ (em sondas de seleção), ora com o S- (em sondas de rejeição). Nesse caso, o controle misto (por seleção e por rejeição) seria demonstrado pelo fato de que a probabilidade de resposta ao estímulo indefinido depende de qual era o outro estímulo de comparação (S+ nas sondas de seleção ou S- nas sondas de rejeição).

Os dados do Experimento 4A sugerem que o desempenho de linha de base não dependia de qual estímulo era S+ (azul ou amarelo). Por outro lado, os resultados com essas abelhas sugerem que o responder era influenciado por quais estímulos eram apresentados nas sondas. Quando uma sonda apresentava os estímulos *amarelo* e *branco* (sonda de seleção para Dulce, Amora, Sidney, Astrid e Héliida e sonda de rejeição para Amaranta, Begônia, Yolanda, Thirteen e Isolda) o responder era quase sempre consistente com o controle testado (78 respostas consistentes em 80 tentativas). Quando uma sonda apresentava os estímulos *azul* e *branco* (sonda de seleção para Adelita, Rosária, Suméria, Drosolda e Melinda; sonda de rejeição para Avenca, Mostarda, Valéria, Mercedes e Turmalina) era consideravelmente mais alta a probabilidade de ocorrência de uma resposta inconsistente. Ou seja, esses dados sugerem que respostas inconsistentes em sondas foram ocasionadas pela dificuldade em discriminar entre os estímulos *azul* e *branco*. De fato, a Figura 20 indica que as distribuições espectrais dos LEDs azul e branco são mais coincidentes que as distribuições de amarelo e branco.

Na fase atual deste estudo, não foi possível ainda conduzir o mesmo procedimento usando um conjunto maior de estímulos. Desse modo, os resultados não permitem afastar a hipótese de que a pequena diferença de resultado entre as abelhas expostas a sondas de seleção e as abelhas expostas a sondas de rejeição se deve apenas à

diferença entre os dois tipos de controle testados ou se dependeu de quais estímulos foram definidos para o treino e para as sondas. Abelhas podem discriminar entre lâmpada apagada e lâmpada acesa (Pessotti, 1972), o que sugere que no Experimento 4A o estímulo “apagado” poderia ter sido usado na situação de treino ou de teste. Contudo, essa situação (LEDs apagados) era definida para o intervalo entre tentativas, o que poderia ser pareado com extinção.

O controle por seleção e o controle por rejeição têm sido testados em duas situações bastante distintas. Em um caso, usa-se o procedimento de emparelhamento com o modelo. Diante de um modelo conhecido, o sujeito rejeita o estímulo conhecido e que pertence a outra classe de estímulos, escolhendo, então, o estímulo indefinido, o que é descrito como controle por exclusão. Na mesma situação de emparelhamento com o modelo, é dito que o responder está sob controle por seleção se, diante de um modelo conhecido, o sujeito responde ao comparação correto (previamente pareado com esse modelo) em vez de responder a um estímulo indefinido. Em outro caso, os termos “controle por seleção” e “controle por rejeição” e mesmo “responder por exclusão” (Aust et al., 2008) têm sido usados para descrever supostamente o mesmo fenômeno em uma situação de discriminação simples, na qual em cada tentativa são apresentados simultaneamente um estímulo definido como correto e um ou mais estímulos definidos como incorretos (Aust et al., 2008; Goulart, Mendonça, Barros, Galvão, & McIlvane, 2005). Tomonaga (1991) sugere que o termo “controle por S-“ seja usado para descrever o desempenho em uma situação de teste na qual apenas o comparação S+ é substituído por um estímulo indefinido. Assim, na presença de um estímulo modelo definido, o sujeito responde ao estímulo indefinido, rejeitando o comparação previamente pareado com outro modelo. O termo “responder por exclusão”, conforme o autor, deveria ser usado apenas para se referir ao teste em que o sujeito, diante de um

modelo indefinido, escolhe um comparação indefinido, rejeitando o comparação conhecido e previamente pareado a outro modelo. No presente estudo, então, os dados de teste obtidos a partir de uma linha de base de discriminação simples só podem ser diretamente comparados aos dados dos estudos de Goulart et al.(2005), no qual foi demonstrado controle misto (controle por seleção e controle por rejeição na mesma linha de base) com macacos-prego, e de Aust et al. (2008), no qual foi demonstrado controle misto com cães. Uma questão que poderia ser melhor explorada na literatura sobre o responder por exclusão é em que medida o responder por exclusão depende da tarefa utilizada (discriminação simples ou emparelhamento com o modelo).

McIlvane et al. (1987) comentaram sobre a importância de estudos que investigam a emergência de comportamentos que não podem ser interpretados como simples generalização de estímulos. Por exemplo, em uma situação de emparelhamento com o modelo, após aprender uma série de relações de identidade, um sujeito pode, diante de um estímulo modelo novo, escolher o comparação novo idêntico a esse modelo, sem que essa relação específica tenha sido diretamente ensinada – “emparelhamento generalizado” (Cumming & Berryman, 1965) ou “identidade generalizada” (p. ex., Souza, Borges, Goulart, Barros, & Galvão, 2009). Outros exemplos são o seguimento de regras generalizado (Striefel, Bryan, & Aikins, 1974), o comportamento gramatical (Guess & Baer, 1973), a equivalência funcional (Goldiamond, 1966) e a equivalência de estímulos (Sidman, 1971; Sidman & Tailby, 1982). Nesse sentido, é provável que estudos sobre responder por exclusão produzam dados mais consistentes se empregarem procedimentos que permitam avaliar o estabelecimento de controle por seleção e controle por rejeição ao longo de uma série de tarefas discriminativas, em vez de apenas uma, como no presente estudo.

Não obstante, o presente estudo apresenta dados indicando que abelhas podem responder tanto sob controle por seleção quanto sob controle por rejeição. Esse resultado sugere que estudos futuros poderão se beneficiar com o emprego de um procedimento como o empregado no Experimento 4A, no qual era requerida uma resposta operante de pressão-à-barra e eram apresentados de modo automático o reforço e os estímulos discriminativos. Contudo, é necessário que estudos futuros conduzam tanto sondas de seleção quanto sondas de rejeição sobre a mesma linha de base, como no Experimento 4B.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa constitui uma abordagem experimental sobre o desenvolvimento do comportamento pré-simbólico. Em três experimentos, foram usadas abelhas como um modelo animal para investigar o estabelecimento de relações condicionais entre estímulos, o que é condição básica para o estabelecimento de repertórios mais complexos, como o comportamento simbólico. Além disso, outro experimento teve por objetivo testar controle por seleção e controle por rejeição em linhas de base de discriminação simples, e assim fornecer dados sobre quais tipos de controle de estímulo são estabelecidos em repertórios discriminativos com abelhas.

Os resultados do Experimento 1 mostraram que, ao menos nas condições desse experimento, relações de identidade podem ser rapidamente estabelecidas com as duas espécies utilizadas, *M. rufiventris* e *M. quadrifascita*.

Com o aparato desenvolvido nos Experimentos 1 e 2, é possível repetir, com poucas adaptações, as condições de treino e teste do estudo de Giurfa et al. (2001), no qual foi demonstrada a identidade generalizada entre estímulos em abelhas, ou do estudo de Barros et al. (2002), com macacos. Nesse caso, poderá ser suficiente definir vários pares de estímulos novos para as tarefas de emparelhamento por identidade. Contudo, esse continua sendo um dos principais desafios desta pesquisa. Apenas as relações de identidade azul – azul e amarelo – amarelo foram estabelecidas de modo inequívoco.

Os resultados do Experimento 2, no qual foram conduzidos treinos de emparelhamento arbitrário entre cores, foram observados indícios de aprendizagem com uma abelha. Embora apenas uma dentre quatro abelhas tenha apresentado indícios de aprendizagem, pode-se argumentar que o estabelecimento desse repertório é possível, ao menos sob certas condições experimentais. Ao longo dos quatro primeiros blocos de

treino de emparelhamento arbitrário com os modelos sendo alternados randomicamente, foram registrados 87,5% de respostas corretas, mas esse desempenho só foi obtido depois de mil tentativas. A dificuldade no estabelecimento desse repertório confirma e estende resultados obtidos, por exemplo, com macacos. Barros et al. (2002) relatam que, para um dos macacos treinados em tarefas de emparelhamento por identidade, foram necessárias 1169 tentativas de treino para se atingir o critério de aprendizagem.

Esse resultado do Experimento 2 aponta para a importância de se buscar replicá-lo com mais sujeitos, tanto em replicação direta quanto em replicação sistemática (Sidman, 1960), para o teste de outras variáveis e outros parâmetros de procedimento.

Uma limitação experimental presente em toda esta pesquisa é o uso de apenas dois estímulos de comparação. Iversen et al. (1986), em um estudo sobre estabelecimento de discriminações condicionais em macacos, empregaram um procedimento de emparelhamento com o modelo de tal modo que, em uma primeira fase de treino, o modelo era sempre apresentado na chave central, enquanto os estímulos de comparação eram sempre apresentados nas chaves laterais. A tarefa consistia em emparelhar estímulos idênticos. Algumas tentativas apresentavam as cores vermelho e verde como estímulos. Outras tentativas apresentavam as figuras “barra vertical” e “barra horizontal”. Em um determinado momento do treino, quando os desempenhos se apresentavam acurados e estáveis, em algumas tentativas o modelo passou a ser apresentado em uma das chaves laterais. Para as tentativas com cores, os desempenhos se mantiveram acurados, mesmo quando o modelo era apresentado em uma posição inédita (uma das chaves laterais). Contudo, o desempenho deteriorava quando o modelo era o estímulo “barra vertical” ou o estímulo “barra horizontal”. Ou seja, em relação à tarefa de emparelhar cores o procedimento parece ter estabelecido discriminações condicionais “verdadeiras” mas, em relação à tarefa de emparelhar “barras”, o

procedimento parece ter estabelecido apenas controles por “configurações”, como no estudo de Kamil e Sacks (1972), com pombos. Portanto, com o aparato do presente estudo não está descartada a hipótese de que sejam produzidos controles de estímulo desse tipo (controle por posição). Nesse sentido, o uso de pelo menos três estímulos de comparação deveria ser uma das metas de pesquisas futuras.

No Experimento 3 foi conduzido um procedimento de treino de discriminações condicionais usando-se um aparato semelhante ao descrito por Giurfa et al. (2001). Foram estabelecidas discriminações condicionais arbitrárias com abelhas da espécie *Apis mellifera*, mas não com abelhas da espécie *M. quadrifasciata*. Contudo, mesmo os resultados positivos obtidos com a *Apis mellifera* não estão livres de uma interpretação alternativa. Tendo em conta que em geral a acurácia (medida para o grupo) manteve-se abaixo de 70%, é possível que tenham se estabelecido controles de estímulos diferentes dos controles de estímulo definidos para o experimento (relações arbitrárias do tipo A1B1 e A2B2) (conforme discutido na Introdução Geral, pp. 37-39). Depois de serem estabelecidas as discriminações condicionais com abelhas da espécie *Apis mellifera*, foi conduzido um teste de propriedade de simetria, no qual essas abelhas responderam com precisão nível do acaso. O aparato usado no Experimento 3 apresentou algumas modificações importantes em relação ao usado no Experimento 2. Os estímulos eram apresentados verticalmente e as abelhas voavam através de uma abertura no centro de cada estímulo. No Experimento 2, por outro lado, os estímulos eram apresentados horizontalmente sobre o piso da caixa experimental. Enquanto no Experimento 3 as abelhas voavam ao longo de todo o percurso, no Experimento 2 as abelhas caminhavam sobre o estímulo modelo até um estímulo de comparação. Contudo, essas diferenças de procedimento não foram suficientes para produzir discriminações condicionais com *Melipona*. Não está claro que variáveis podem ter influenciado a diferença de resultados

entre *Melipona* e *Apis*. Embora estudos pioneiros conduzidos por Pessotti e colaboradores (Pessotti, 1967; Pessotti & Carli-Gomes, 1981; Pessotti & Lé Senechal, 1981) tenham comparado o desempenho de diferentes espécies de abelhas em tarefas de discriminação simples, este é o primeiro estudo a comparar aquisição de discriminações condicionais entre *Apis* e *Melipona*. Assim, estudos adicionais serão necessários para verificar como diferenças entre as espécies determinam diferentes desempenhos em tarefas de emparelhamento arbitrário. Também deve ser notado que este é o primeiro estudo a testar emergência de simetria em abelhas. Portanto, há poucos dados na literatura que possam ser usados para explicar os resultados negativos com *Apis*.

No Experimento 4 foram apresentados dados sugerindo que em uma tarefa de discriminação simples com abelhas são estabelecidos tanto o controle pelo estímulo positivo (S+) quanto pelo estímulo negativo (S-), o que constitui um estudo inédito na literatura sobre desempenhos discriminativos em abelhas. Ainda, o próprio desenvolvimento desse procedimento de teste de controle por seleção e controle por rejeição representa, possivelmente, uma das principais contribuições da presente pesquisa. Futuramente poderão ser conduzidos novos estudos que investiguem mais sistematicamente o responder por exclusão em abelhas e forneçam dados que sejam comparáveis aos produzidos em estudos com outras espécies.

Em resumo, por um lado os dados indicam que as condições experimentais disponíveis ainda produzem linhas de base de discriminações condicionais com grande variabilidade, o que impede que a pesquisa avance no sentido de investigar repertórios mais complexos. Por outro lado, esses resultados também demonstram avanços metodológicos importantes, com dados que indicam que certas condições experimentais adotadas nesta pesquisa são adequadas para o estabelecimento de discriminações

simples, discriminações condicionais e teste de controle por seleção e controle por rejeição em abelhas.

REFERÊNCIAS

- Alessi, G. (1987). Generative strategies and teaching for generalization. *The Analysis of Verbal Behavior*, 5, 15-27.
- Asano, T., Kojima, T., Matsuzawa, T., Kubota, K., & Murofushi, K. (1982). Object and color naming in chimpanzees (Pan troglodytes). *Proceedings of the Japan Academy of Science*, 58(B), 118-122.
- Aust, U., Range, F., Steurer, M., & Huber, L. (2008). Inferential reasoning by exclusion in pigeons, dogs, and humans. *Animal Cognition*, 11, 587-597.
- Backhaus, W. (1993). Color vision and color choice behavior of the honey bee. *Apidologie*, 24, 309-331.
- Backhaus, W., Menzel, R., & Kreissl, S. (1987). Multidimensional scaling of color similarity in bees. *Biological Cybernetics*, 56, 293-304.
- Baker, H.G., & Hurd, P.D. (1968). Intrafloral ecology. *Annual Review of Entomology*, 13, 385-414.
- Banschbach, V.S. (1994). Colour association influences honey bee choice between sucrose concentrations. *Journal of Comparative Physiology A*, 175, 107-114.
- Barros, R.S., Galvão, O.F., & McIlvane, W. (2002). Generalized identity matching-to-sample in *Cebus apella*. *The Psychological Record*, 52, 441-460.
- Bates, E. (1979). *The Emergence of Symbols: Cognition and Communication in Infancy*. New York: Academic Press.
- Biesmeijer, J.C., & Slaa E.J. (2006). The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie*, 37, 240-258.
- Brown, A.K., Brown, J.L., & Poulson, C.L. (1995). Generalization of children's identity matching-to-sample performances to novel stimulus. *The Psychological Record*, 45, 29-43.
- Brown, M.F., McKeon, D., Curley, T., Weston, B., Lambert, C., & Lebowitz, B. (1998). Working memory for color in honeybees. *Animal Learning & Behavior*, 26(3), 264-271.
- Bussab, W.O., & Morettin, P.A. (1987). *Estatística Básica* (4a ed). São Paulo: Atual Editora.

- Camargo, C.A., Almeida, M.G., Nates-Parra, M.G., & Kerr, W.E. (1976). Genetics of sex determination in bees. IX. Frequencies of queens and workers from larvae under controlled conditions. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 49(1), 120-125.
- Carey, S., & Bartlett, E. (1978). Acquiring a single new word. *Papers and Reports on Child Language Development*, 15, 17-29.
- Carrigan, P.F., & Sidman, M. (1992). Conditional discrimination and equivalence relations: A theoretical analysis of control by negative stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 58, 183-204.
- Catania, A.C. (1999). *Aprendizagem: Comportamento, Linguagem e Cognição*. Porto Alegre: Artmed.
- Chittka, L., Beier, W., Hertel, H., Steinmann, E., & Menzel, R. (1992). Opponent colour coding is a universal strategy to evaluate the photoreceptor inputs in Hymenoptera. *Journal of Comparative Physiology A*, 170, 545-563.
- Chittka, L., Gumbert, A., & Kunkze, J. (1997). Foraging dynamics of bumble bees: Correlates of movements within and between plant species. *Behavioral Ecology*, 8, 239-249.
- Cooke, M.H., Couvillon, P.A., & Bitterman, M.E. (2007). Delayed symbolic matching in honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of Comparative Psychology*, 121(1), 106-108.
- Costa, A.R.A., McIlvane, J.W., Wilkinson, K.M., & de Souza, D.G. (2001). Emergent word-object mapping by children: Further studies using the blank comparison technique. *The Psychological Record*, 51, 343-355.
- Cumming, W.W., & Berryman, R. (1961). Some data on matching behavior in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 281-284.
- Cumming, W.W., & Berryman, R. (1965). The complex discriminated operant: Studies of matching-to-sample and related problems. In D. I. Mostofsky (Ed.), *Stimulus generalization* (pp. 284-330). Stanford, CA: Stanford University Press.
- Critchfield, T.S., & Lattal, K.A. (1993). Acquisition of a spatially defined operant with delayed reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 159, 373-387.

- Cruz, I.R.N., Picanço, C.R.F., & Barros, R.S. (no prelo). Uso do procedimento de máscara para verificar relações de controle de estímulos em macacos-prego. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*.
- de Rose, J.C. (1993). Classes de estímulos: Implicações para uma análise comportamental da cognição. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 9(2), 283-303.
- de Rose, J.C., & Bortoloti, R. (2007). A equivalência de estímulos como modelo do significado. *Acta Comportamentalia*, 15, 83-102.
- de Rose, J.C., de Souza, D.G. & Hanna, E.S. (1996). Teaching reading and spelling: Exclusion and stimulus equivalence. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 29, 451-469.
- Dixon, L.S. (1977). The nature of control by spoken words over visual stimulus selection. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 27, 433-442.
- Dixon, M.H., Dixon, L.S., & Spradlin, J.E. (1983). Analysis of individual differences of stimulus control among developmentally disabled children. Em K.D. Gadow & I. Bialer (Eds.), *Advances in learning and behavioral disabilities* (pp. 85-110). New York: JAI Press.
- Djonwangwé, D., Tchuenguem Fohouo, F.N., & Messi, J. (2011). Foraging and pollination activities of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Ximenia americana* (Olacaceae) flowers at Ngaoundéré (Cameroon). *International Research Journal of Plant Science*. 2(6), 170-178.
- Domeniconi, C., Costa, A.R.A., de Souza, D.G., & de Rose, J.C. (2007). Responder por exclusão em crianças de 2 a 3 anos em uma situação de brincadeira. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 20, 342-350.
- Dube, W.V., & McIlvane, W.J. (1996). Some implications of a stimulus control topography analysis for emergent stimulus classes. Em T.R. Zentall & P.M. Smeets (Eds.), *Stimulus class formation in humans and animals* (pp. 197-218). North Holland: Elsevier.
- Dugdale, N. A., & Lowe, C. F. (1990). Naming and stimulus equivalence. Em D.E. Blackman & H. Lejeune (Eds.), *Behaviour analysis in theory and practice: Contributions and controversies* (pp. 115-138). Brighton, UK: Erlbaum.

- Dyer, A.G. (1998). The colour of flowers in spectrally variable illumination and insect pollinator vision. *Journal of Comparative Physiology A*, 183, 203-212.
- Dyer A.G. (1999). Broad spectral sensitivities in the honeybee's photoreceptor limit colour constancy. *Journal of Comparative Physiology A*, 185, 445-453.
- Dyer, A.G., & Chittka, L. (2004). Biological significance of discriminating between similar colours in spectrally variable illumination: Bumblebees as a study case. *Journal of Comparative Physiology A*, 190, 105-114.
- Dyer, A.G., Whitney, H.M., Arnold, S.E.J., Glover, B.J., & Chittka, L. (2006). Bees associate warmth with floral colour. *Nature*, 442, 525.
- Dyer, F.C. (2002). The biology of the dance language. *Annual Review of Entomology*, 47, 917-949.
- Eckerman, D.A., Lanson, R.N., & Cumming, W.W. (1968). Acquisition of matching to sample without a required observing response. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 11, 435-441.
- Eickwort, G.C., & Ginsberg, H.S. (1990). Foraging and mating behavior in Apoidea. *Annual Review of Entomology*, 25, 421-446.
- Endler, J.A. (1993). The color of light in forests and its implications. *Ecological Monographs*, 63, 1-27.
- Esch, H., Esch, I., & Kerr, W.E. (1965). Sound: An element common to communication of stingless bees and to dances of the honey bee. *Nature*, 149, 320-321.
- Fantino, E., & Logan, C.A. (1979). *The Experimental Analysis of Behavior: A biological perspective* (pp. 4-5). San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Ferrari, C., de Rose, J.C., & McIlvane, W.J. (1993). Exclusion vs. Selection training of auditory-visual conditional relations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 49-63
- Free, J.B. (1987). *Pheromones of social bees*. Londres: Chapman and Hall.
- Galvão, O.F., Soares Filho, P.S.D., Barros, R.S., & Souza, C.B.A. (2008). Matching-to-sample as a model of symbolic behavior for bio-behavioral investigations. *Reviews in Neurosciences*, 19, 149-156.

- Giurfa, M., Núñez, J., Chittka, L., & Menzel, R. (1995). Colour preferences of flower-naïve honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*, *177*, 247-259.
- Giurfa, M., Zhang, S., Jenett, A., Menzel, R., & Srinivasan, M.V. (2001). The concepts of 'sameness' and 'difference' in an insect. *Nature*, *410*, 930-932.
- Goldiamond, I. (1966). Perception, language, and conceptualization rules. In B. Kleinmuntz (Ed.), *Problem solving: Research, method, and theory* (pp. 183-224). New York: Wiley.
- Golinkoff, R.M., Hirsh-Pasek, K., Bailey, L.M., & Wenger, N.R. (1992). Young children and adults use lexical principles to learn new nouns. *Developmental Psychology*, *28*, 99-108.
- Golinkoff, R.M., Mervis, C.B., & Hirsh-Pasek, K. (1994). Early object labels: The case for a developmental lexical principles framework. *Journal of Child Language*, *21*, 125-155.
- Goulart, P.R.K., Mendonça, M.B., Barros, R.S., Galvão, O.F., & McIlvane, W.J. (2005). A note on select- and reject-controlling relations in the simple discrimination of capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behavioural Processes*, *69*, 295-302.
- Guess, D., & Baer, D.M. (1973). An analysis of individual differences in generalization between receptive and productive language in retarded children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *6*, 311-329.
- Gumbert A. (2000). Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): Innate preferences and generalization after learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *48*, 36-43.
- Gumbert, A., Kunze, J., & Chittka, L. (1999). Floral colour diversity in plant communities, bee colour space and a null model. *Proceedings of the Royal Society of London Series B- Biological Sciences*, *266*, 1711-1716.
- Haddad, L.S., Kelbert, L., & Hulbert, A.J. (2007). Extended longevity of queen honey bees compared to workers is associated with peroxidation-resistant membranes. *Experimental Gerontology*, *42*(7), 601-609.
- Harbone, J.B. (1977). *Introduction to Ecological Biochemistry*. London: Academic Press.

- Heinrich, B., Mudge, P.R., & Deringis, P.G. (1977). Laboratory analysis of flower constancy in foraging bumblebees: *Bombus ternarius* and *B. terricola*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2, 247-265.
- Hempel de Ibarra, N., Giurfa, M., & Vorobyev, M. (2002). Discrimination of coloured patterns by honeybees through chromatic and achromatic cues. *Journal of Comparative Physiology A*, 188, 503-512.
- Herman, L.M., & Gordon, J.A. (1974). Auditory delayed matching in the bottlenose dolphin. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21, 19-26.
- Herman, L.M., Hovancik, J.R., Gory, J.D., & Bradshaw, G.L. (1989). Generalization of visual matching by a Bottlenosed Dolphin (*Tursiops truncatus*): Evidence for invariance of cognitive performance with visual and auditory materials. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 15, 124-136.
- Hrncir, M. (2009). Mobilizing the foraging force: Mechanical signals in stingless bee recruitment. Em S. Jarau & M. Hrncir (Eds.), *Food exploitation by social insects* (pp. 199-221). London: CRC Press.
- Huang, Z., & Robinson, G. (1992). Honeybee colony integration: Worker-worker interactions mediate hormonally regulated plasticity in division of labor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89, 11726-11729.
- Imperatriz-Fonseca, V.L. (1973). Miscellaneous observations on the behaviour of *Schwarziana quadripunctata*. *Boletim de Zoologia e Biologia Marinha*, 30, 633-640.
- Iversen, I.H. (1997). Matching-to-sample performance in rats: A case of mistaken identity? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 68, 27-47.
- Iversen, I.H., Sidman, M., & Carrigan, P. (1986). Stimulus definition in conditional discriminations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 45, 297-304.
- Jander, U., & Jander, R. (2002). Allometry and resolution of bee eyes (Apoidea). *Anthropod Structure & Development*, 30(3), 179-193.
- Jarau, S. (2009). Chemical communication during food exploitation in stingless bees. Em S. Jarau & M. Hrncir (Eds.), *Food exploitation by social insects* (pp. 223-249). London: CRC Press.

- Johnson, C., & Sidman, M. (1993). Conditional discrimination and equivalence relations: Control by negative stimulus. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *59*, 333-347.
- Kamil, A.C., & Sacks, R.A. (1972). Three-configuration matching-to-sample in the pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *17*, 483-488.
- Kastak, D., & Schusterman, R. (1994). Transfer of visual identity matching-to-sample in two California sea lions (*Zalophus californianus*). *Animal Learning & Behavior*, *22*, 427-435.
- Katz, J.S., & Wright, A.A. (2008). Matching-to-sample abstract-concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *34*(1), 178-188.
- Keller, F.S., & Schoenfeld, W.N. (1950). *Principles of Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Kelleher, R.T. (1958). Stimulus-producing responses in chimpanzees. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *1*, 87-102.
- Kelly, S., Green, G., & Sidman, M. (1998). Visual identity matching and auditory-visual matching: A procedural note. *Journal of the Applied Behavior Analysis*, *31*, 237-243.
- Kerr, W.E. (1990). Why are workers in social Hymenoptera not males? *Revista Brasileira de Genética*, *13*, 133-136.
- Kerr, W.E., Carvalho, G.A., & Nascimento, V.A. (1996). *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação*. Belo Horizonte: Acangaú.
- Kevan, P.G., & Backhaus, W.G.K. (1998). Color vision: Ecology and evolution in making the best of the photic environment. Em W.G.K. Backhaus, R. Kliegl, & J.S. Werner (Eds.), *Color Vision: Perspectives from Different Disciplines* (pp. 163-183). Berlin: De Gruyter.
- Kolterman, R. (1973). Rassen-bzw. artspezifische Duftbewertung bei der Honigbiene und ökologische Adaptation. *Journal of Comparative Physiology A*, *85*, 327-360. DOI: 10.1007/BF00696389

- Lehrer, M., Horridge, G.A., Zhang, S.W., & Gadagkar, R. (1995). Shape vision in bees: Innate preference for flower-like patterns. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *347*, 123-137.
- Levin, G. R., & Maurer, D. M. (1969). The solution process in children's matching-to-sample. *Developmental Psychology*, *1*, 679-690.
- Lima, M.E.A.C., Barros, R.S., Dahás, L.J.S., Cruz, A.P.C., Bezerra, D.S., & Galvão, O.F. (2007). Discriminação simples e pareamento ao modelo por identidade com estímulos tridimensionais em macacos-prego (*Cebus apella*). *Acta Comportamental*, *15*, 5-20.
- Lionello, K.M., & Urcuioli, P.J. (1998). Control by sample location in pigeons' matching to sample. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *70*, 235-251.
- Lionello, K.M., & Urcuioli, P.J. (2002). Transfer of pigeons' matching to sample to novel sample locations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *73*, 141-161.
- Lipkens, R., Kop, P.F.M., & Matthijs, W. (1988). A test of symmetry and transitivity in the conditional discrimination of pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *49*, 395-409.
- Lunau, K. Wacht, S., & Chittka, L. (1996). Colour choices of naive bumble bees and their implications for colour perception. *Journal of Comparative Physiology A*, *178*, 477-489.
- Markman, E.M. (1989). Mutual exclusivity. Em E.M. Markman (Ed.), *Categorization and naming in children: Problems of induction* (pp. 187-215). Cambridge, MA: MIT Press.
- McIlvane, W.J., Kledaras, J.B., Killory-Andersen, R., & Sheiber, F. (1989). Teaching with non criterion-related prompts: A possible subject variable. *The Psychological Record*, *39*, 131-142.
- McIlvane, W.J., Kledaras, J.B., Munson, L.C., King, K.A., de Rose, J.C., & Stoddard, L.T. (1987). Controlling relations in conditional discrimination and matching by exclusion. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *48*(2), 187-208.

- McIlvane, W.J., Serna, R.W., Dube, W.V., & Stromer, R. (2000). Stimulus control topography coherence and stimulus equivalence: Reconciling test outcomes with theory. Em J. Leslie & D.E. Blackman (Orgs.), *Issues in experimental and applied analysis of human behavior*. Reno: Context Press.
- McIlvane, W.J., & Stoddard, L.T. (1981). Acquisition of matching-to-sample performances in severe retardation: Learning by exclusion. *Journal of Mental Deficiency Research*, 25, 33-48.
- Menezes, C., Silva, C.L., Singer, R.B., & Kerr, W.E. (2007). Competição entre abelhas durante forrageamento em *Schefflera arboricola* (HAYATA) MERR. *Bioscience Journal*, 23, 63-69.
- Menzel, R. (1979). *Spectral sensitivity and color vision in invertebrates*. Em H. Autrum (Ed.), *Comparative physiology and evolution of vision in invertebrates* (Vol. 7/6A, pp. 503-580). Berlin: Springer.
- Menzel, R. (1999). Memory dynamics in the honeybee. *Journal of Comparative Physiology A*, 185, 323-340.
- Menzel, R., & Backhaus, W. (1991). *Colour vision in insects*. In *The Perception of Colour*. Londres: Macmillan.
- Menzel, R., Ventura, D.F., Hertel, H., Souza, J.M., & Greggers, U. (1986). Spectral sensitivity of photoreceptors in insect compound eyes: Comparison of species and methods. *Journal of Comparative Physiology A*, 158, 165-177.
- Menzel, R., Ventura, D.F., Werner, A., Joaquim, L.C.M., & Backhaus, W. (1989). Spectral sensitivity of single photoreceptors and color-vision in the stingless bee, *Melipona quadrifasciata*. *Journal of Comparative Physiology A*, 166(2), 151-164.
- Michael, J. (1982). Distinguishing between discriminative and motivational functions of stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37, 149-155.
- Michener, C.D. (2000). *The Bees of the World*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.
- Mitchell, D.W., Scott, D.W., & Williams, K.D. (1973). Container neophobia and the rat's preference for earned food. *Behavioral Biology*, 9, 612-624.

- Moreno, A.M., Rocca, J.Z., Oliveira, L.M., & de Souza, D.G. (2005). Discriminações condicionais entre estímulos visuais e testes de simetria em melíponas. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 1(2), 207-229.
- Moreno, A.M., & de Souza, D.G. (2003). *Discriminação simples entre padrões em preto e branco e entre cores com abelhas (Melipona quadrifasciata)*. Apresentado como pôster no XI Congresso de Iniciação Científica da UFSCar. São Carlos (SP).
- Neumeyer, C. (1981). Chromatic adaptation in the honey bee: Successive color contrast and color constancy. *Journal of Comparative Physiology A*, 144, 543-553.
- Nieh, J.C. (2004). Recruitment communication in stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Apidologie*, 35, 159-182.
- Nogueira Neto, P. (1997). *Vida e criação de abelha sem ferrão*. São Paulo: Nogueirapis.
- Oden, D.L., Thompson, R.K.R., & Premack, D. (1988). Spontaneous transfer of matching by infant chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14, 140-145.
- Pack, A.A., Herman, L.M., & Roitblat, H.L. (1991). Generalization of visual matching and delayed matching by a California sea lion (*Zalophus californianus*). *Animal Learning & Behavior*, 19, 37-48.
- Peña, T., Pitts, R., & Galizio, M. (2006). Identity matching-to-sample with olfactory stimuli in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 85, 203-221.
- Pessotti, I. (1964). Estudo sobre aprendizagem e extinção em *Apis mellifera*. *Jornal Brasileiro de Psicologia*, 1(2), 97-100.
- Pessotti, I. (1967). Aprendizagem de discriminação como um critério de classificação de abelhas. *Revista Interamericana de Psicologia*, 1(3), 177-187.
- Pessotti, I. (1969). *Discriminação em Melipona (Micherenia) rufiventris Lepertier*. Tese de Doutorado. Departamento de Psicologia Social e Experimental da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Pessotti, I. (1972). Discrimination with light stimuli and a lever-pressing response in *Melipona rufiventris*. *Journal of Apicultural Research*, 11(2), 89-93.

- Pessotti, I. (1981). Aprendizagem em abelhas. VI – Discriminação condicional em *Melipona rufiventris*. *Revista Brasileira de Psicologia*, 41(4), 681-693.
- Pessotti, I., & Carli-Gomes, M.J. (1981). Aprendizagem em abelhas. III: Discriminação com três tipos de estímulos visuais. *Revista Brasileira de Biologia*, 41(3), 667-672.
- Pessotti, I., & Lé Senechal, A.M. (1981). Aprendizagem em abelhas. I – Discriminação simples em 11 espécies. *Acta Amazonica*, 11(3), 653-658.
- Raine, N.E., & Chittka, L. (2005). Colour preferences in relation to the foraging performance and fitness of the bumblebee *Bombus Terrestris*. *Uludag Bee Journal*, 5(4), 145-150.
- Ramalho, M., Kleinert-Giovannini, A., & Imperatriz-Fonseca, V.L. (1989). Utilization of floral resources by species of *Melipona* (Apidae, Meliponinae): Floral preferences. *Apidologie*, 20, 185-195.
- Ramalho, M., Silva, M.D., & Carvalho, C.A.L. (2007). Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): Uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology*, 36(1), 39.
- Reinhard, J., Srinivasan, M.V., Guez, D., & Zhang, S.W. (2004). Floral scents induce recall of navigational and visual memories in honeybees. *Journal of Experimental Biology*, 207, 4371-4381.
- Reinhard, J., Srinivasan, M.V., & Zhang, S. (2004). Scent-triggered navigation in honeybees. *Nature*, 427, 411.
- Reinhard, J., Srinivasan, M.V., & Zhang, S. (2006). Complex memories in honeybees: Can there be more than two? *Journal of Comparative Physiology A*, 192, 409-416.
- Rodriguez, I., Gumbert, A., de Ibarra, N.H., Hunze, J., & Giurfa, M. (2004). Symmetry is in the eye of the “beeholder”: Innate preference for bilateral symmetry in flower-naïve bumblebees. *Naturwissenschaften*, 91, 374-377.
- Roubik, D.W. (1981). Comparative foraging behavior of *Apis mellifera* and *Trigona corvine* (Hymenoptera: Apidae) on *Baltimora recta* (Compositae). *Revista de Biologia Tropical*, 29(2), 177-183.

- Rozin, P. (1976). The selection of foods by rats, humans, and other animals. Em D. Lehrman, R. Hinde, & E. Shaw (Eds.), *Advances in the study of behavior* (Vol. 4). New York: Academic Press.
- Saunders, K.J., & Spradlin, J.E. (1989). Conditional discrimination in mentally retarded adults: The effect of training the component simple discriminations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 52, 1-12.
- Saunders, R.R., & Sherman, J.A. (1986). Analysis of the "discrimination-failure hypothesis" in generalized matching and mismatching behavior. *Analysis and Intervention in Developmental Disabilities*, 6, 89-107.
- Seferta, A., Guay, P.J., Marzinotto, E., & Lefebvre, L. (2001). Learning differences between feral pigeons and zenaida doves: The role of neophobia and human proximity. *Ethology*, 107, 281-293.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of Scientific Research*. New York: Basic Books.
- Sidman, M. (1971). Reading and auditory-visual equivalences. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 5-13.
- Sidman, M. (1980). A note on the measurement of conditional discrimination. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 33, 285-289.
- Sidman, M., & Tailby, W. (1982). Conditional discrimination vs. matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37, 5-22.
- Sidman, M., Rauzin, R., Lazar, R., Cunningham, S., Tailby, W., & Carrigan, P. (1982). A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 37, 23-44.
- Simonds, V., & Plowright, C.M.S. (2004). How do bumblebees first find flowers? Unlearned approach responses and habituation. *Animal Behaviour*, 67, 379-386.
- Souza, C.B.A., Borges, R.P., Goulart, P.R.K., Barros, R.S., & Galvão, O.F. (2009). Teste de identidade generalizada com objetos em macaco-prego (*Cebus apella*). *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 25(2), 169-177.
- Srinivasan, M.V., Zhang, S.W., & Zhu, H. (1998). Honeybees link sights to smells. *Nature*, 396, 637-638.

- Striefel, S., Bryan, K.S., & Aikins, D.A. (1974). Transfer of stimulus control from motor to verbal stimuli. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 7, 123-135.
- Tomonaga, M. (1993). Tests for control by exclusion and negative stimulus relations of arbitrary matching to sample in a “symmetry emergent” chimpanzee. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59, 215-229.
- Tóth, E., Queller, D.C., Dollin, A., & Strassmann, J.E. (2004). Conflict over male parentage in stingless bees. *Insectes Sociaux*, 51, 1-11. DOI: 10.1007/s00040-003-0707-z
- Velasco, S.M., Huziwara, E.M., Machado, A., & Tomanari, G.Y. (2010). Associative symmetry by pigeons after few-exemplar training. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 94, 283-295.
- Velthuis, H.H.W., Koedam, D., & Imperatriz-Fonseca, V.L. (2005). The males of *Melipona* and other stingless bees, and their mothers. *Apidologie*, 36, 169-185.
- Ventura, D.F, & Menzel, R. M. (1990). A visão de cores das abelhas. *Ciência Hoje*, 12(67), 36-45.
- von Frisch, K. (1924). Sinnesphysiologie und “Sprache” der Bienen. *Naturwissenschaften*, 12, 981-987.
- von Frisch, K. (1967). *The dance language and orientation of bees*. Cambridge: Belknap Press.
- Wakakuwa, M., Kurasawa, M., Giurfa, M., & Arikawa, K. (2005). Spectral heterogeneity of honeybee ommatidia. *Naturwissenschaften*, DOI: 10.1007/s00114-005-0018-5.
- Waser, N.M. (1983). The adaptive nature of floral traits: Ideas and evidence. Em L. Real (Ed.). *Pollination Biology* (pp. 241-285). New York: Academic Press.
- Wasserman, E.A., Hugart, J.A., & Kirkpatrick-Steger, K. (1995). Pigeons show same-different conceptualization after training with complex visual stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21(3), 248-252.
- Werner, A., Menzel, R., & Wehrhahn, C. (1988). Color constancy in the honeybee. *Journal of Neuroscience*, 8(1), 156-159.

- Wilkinson, K.M., & McIlvane, W.J. (1997). Blank comparison analysis of emergent symbolic mapping by young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, 115-130.
- Wilkinson, K.M., de Souza, D.G., & McIlvane, W.J. (2000). As origens da exclusão. *Temas em Psicologia*, 8(2), 195-203.
- Wille, A. (1983). Biology of the stingless bees. *Annual Review of Entomology*, 28(1), 41-64.
- Wilms, W., Imperatriz-Fonseca, V.L., & Engels, W. (1996). Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31, 137-151.
- Wilms, W., & Wiechers, B. (1997). Floral resource partitioning between native *Melipona* bees and the introduced Africanized honey bee in the Brazilian Atlantic rain forest. *Apidologie*, 28, 339-355.
- Wyckoff, L.B., Jr. (1952). The role of observing responses in discrimination learning: Part I. *Psychological Review*, 59(6), 431-442.
- Zhang, S.W., Lehrer, M., & Srinivasan, M.V. (1999). Honeybee memory: Navigation by associative grouping and recall of visual stimuli. *Neurobiology of Learning and Memory*, 72, 180-201.
- Zentall, T.R., Edwards, C.A., Moore, B.S., Hogan, D. E., (1981). Identity: The basis for both matching and oddity learning in pigeons. *Journal of Experimental Psychology – Animal Behavior Processes*, 7, 70-86.
- Zygmunt, D.M., Lazar, R.M., Dube, W.V., McIlvane, W.J. (1992). Teaching arbitrary matching via sample stimulus-control shaping to young children and mentally retarded individuals: A methodological note. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 109-117.