UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA EXPERIMENTAL

NICOLAS CARSTEN ROSSGER

Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental do
comportamento de sujeitos não-humanos

SÃO PAULO

2015

NICOLAS CARSTEN ROSSGER

Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental do
comportamento de sujeitos não-humanos

(Versão Original)

Dissertação de mestrado
apresentada ao Instituto de
Psicologia da Universidade de
São Paulo como requisito para a
obtenção do título de Mestre em
Psicologia.

Área de Concentração:
Psicologia Experimental

Orientador: Prof. Dr. Gerson
Aparecido Yukio Tomanari

SÃO PAULO

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL
DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE
CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Biblioteca Dante Moreira Leite

Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Rossgger, Nicolas Carsten.

Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental do comportamento de sujeitos não-humanos / Nicolas Carsten Rossgger; orientador Gerson Aparecido Yukio Tomanari. -- São Paulo, 2015.

103 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Psicologia Experimental) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Análise Experimental do comportamento 2. Equipamento 3. Baixo custo 4. Esquemas de reforço 5. Sujeitos não-humanos I. Título.

BF199.5

Autor: Nicolas Carsten Rossger

Título: Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental do comportamento de sujeitos não-humanos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Psicologia.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Gerson Aparecido Yukio Tomanari, por ter me dado a oportunidade e autonomia para trabalhar com temas inovadores e por sempre ter me guiado na construção de um trabalho de qualidade.

À Profa. Dra. Nilza Micheletto, por fazer parte da minha formação como analista do comportamento desde o início da minha graduação até o presente momento.

À Profa. Dra. Paula Debert, por ter se disponibilizado a fazer parte da minha banca e pela importante contribuição na minha formação ao longo dos anos de mestrado.

Aos Profs. Drs. Martha Hübner e Marcelo Benvenuti, por sempre terem despendido tempo com todos seus alunos de disciplinas e terem contribuído para minha formação durante os anos de mestrado.

Aos Profs. Drs. Carlos Cançado e à Raquel Aló, pela excelente disciplina de metodologia de pesquisa ministrada e por todos os momentos de discussão pelos corredores. Meu trabalho é, em grande medida, fruto do que aprendi com vocês.

Aos meus pais, por nunca medirem esforços na construção da minha educação e caráter.

Ao meu irmão Conrado, que mesmo morando longe seguiu de perto a evolução do meu trabalho sempre me incentivando e contribuindo para o mesmo ao longo do caminho.

Ao meu amigo Wagner, por ter sido um excelente programador ao me auxiliar na criação dos meus programas e por ter me ensinado tanto da importante habilidade de programar computadores.

Aos meus colegas (e amigos!) Peter, Paulo, Catalina, Adriana, Saulo, Arturo, Priscila e Juliano por terem, em muitos casos, aberto meus horizontes para novas interpretações acerca da natureza do comportamento, enriquecendo em muito minha formação e por não se incomodarem com meu humor idiossincrático.

Aos colegas (e amigos!) Felipe e Luis, por sempre terem me incentivado nos momentos difíceis e por terem o mesmo comprimento de onda no que se refere a um humor particular. Nunca se esqueçam, ‘H & R, semper fi’.

Aos colegas (e amigos!) Amilcar, Eduardo, Angelo, Pedro, Natália e Lorena, por sempre terem tido a paciência de ouvir todas as minhas dúvidas e indagações sobre os diversos temas que vocês estudam.

À Édila, por sempre ter me auxiliado na manutenção dos meus sujeitos experimentais

Aos amigos Júlia, Biga, Mel, Flávia e Cho, por manterem contato mesmo após minha saída da PUC-SP e pelos diversos momentos de conversa, confissão e pelas risadas. Fico muito feliz em manter essas amizades.

Ao meu amigo Dagliê, por sempre ter reservado tempo para longas conversas sobre os mais variados temas. Partilho o seu objetivo de ser uma pessoa sábia, e, se um dia assim for, será em grande medida por sua causa.

Ao meu amigo Denigés (Jazz) por toda a amizade ao longo dos anos de graduação e após eu ter deixado a PUC-SP.

Aos meus amigos Felipe, Paty, Dennis, Flávio e Leonor por serem pessoas tão presentes na minha vida, sempre me incentivando com palavras gentis em todos os momentos.

À CAPES , pela concessão da bolsa de mestrado, apoio financeiro essencial para a realização desta pesquisa.

While I am a psychologist by profession, I am a student of other things by interest. I do not think I am a dilettante, but rather simply a student who likes to study things and would, if I could, study everything.

William Nathan Schoenfeld

Resumo

Rossger, N. C. (2015). *Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental do comportamento de sujeitos não-humanos*.

Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Equipamentos utilizados em pesquisas em Análise Experimental do Comportamento com sujeitos não humanos tiveram uma trajetória intrincada ao próprio estudo do comportamento. Um tipo de equipamento importante nessas pesquisas é a câmara de condicionamento operante. Diversos incrementos foram feitos nessas câmaras, com estes focados no aumento do controle de variáveis independentes e no registro mais preciso de variáveis dependentes. Uma característica de equipamentos atualmente disponíveis no mercado é o seu alto custo de aquisição e a necessidade do uso de *software* fechado utilizado pelos mesmos. Diante disso, apresenta-se a construção e avaliação de equipamentos não comerciais de baixo custo para pesquisas operantes. Foram construídas duas câmaras de condicionamento, uma para pombos e outra para ratos. Com o objetivo de avaliar o equipamento construído, submeteram-se dois pombos e dois ratos a esquemas de reforço de razão fixa (FR) e razão variável (VR), e dois pombos e dois ratos a esquemas de reforço de intervalo fixo (FI) e intervalo variável (VI). Replicou-se a maior parte dos aspectos da literatura de esquemas de reforço simples com o equipamento apresentado, o que indica sua adequação ao uso em pesquisas de condicionamento operante como uma alternativa viável de baixo custo.

Palavras chave Análise Experimental do Comportamento; Equipamento; Baixo Custo; Esquemas de Reforço; Sujeitos Não-Humanos

Abstract

Rossger, N. C. (2015). *Manufacturing and evaluation of low cost apparatus for non-human research in experimental analysis of behavior*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo

Apparatuses used non-human research in experimental analysis of behavior have had a parallel trajectory to the study of behavior itself. A type of apparatus used in behavioral studies is the operant conditioning chamber. Several improvements have been done to these chambers, focusing in the control of independent variables and more precise registry of dependent variables. A feature of apparatuses available in the market is their high acquisition costs and the need of usage of closed *software*. In light of this, it is shown the construction and evaluation of alternative low cost apparatuses for behavioral research. Two operant conditioning chambers were built, one for usage with pigeons and the other for the usage with rats. In order to evaluate the apparatus, two pigeons and two rats were submitted to fixed ratio (FR) and variable ratio (VR) schedules of reinforcement, while another two pigeons and two rats were submitted to fixed interval (FI) and variable interval (VI) schedules of reinforcement. The majority of features related to the responding under simple schedules of reinforcement were replicated using the presented apparatus, which indicates its adequacy for the usage in behavioral research as a low cost alternative.

Key words: Experimental Analysis of Behavior; Apparatus; Low Cost; Schedules of Reinforcement; Non-Human Subjects

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Exemplo de projeto para peças utilizadas.	28
<i>Figura 2.</i> Momento do corte a <i>laser</i>	29
<i>Figura 3.</i> Exemplares de peças produzidas pelo corte a <i>laser</i>	29
<i>Figura 4.</i> Componentes eletrônicos utilizados.....	31
<i>Figura 5.</i> Protótipo de câmara de condicionamento para pombos.....	34
<i>Figura 6.</i> Protótipo de chave de respostas para pombos.	36
<i>Figura 7.</i> Protótipo de comedouro para pombos	38
<i>Figura 8.</i> Protótipo de câmara de condicionamento operante para ratos.	40
<i>Figura 9.</i> Protótipo da barra retrátil para ratos	42
<i>Figura 10.</i> Protótipo de bebedouro para ratos	44
<i>Figura 11.</i> Esquema de funcionamento das câmaras de condicionamento	46
<i>Figura 12.</i> Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos P1 e P4.....	59
<i>Figura 13.</i> Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos P1 e P4.	61
<i>Figura 14.</i> Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos P1 e P4. ...	63
<i>Figura 15.</i> Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos P2 e P3.....	66
<i>Figura 16.</i> Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos P2 e P3.....	68
<i>Figura 17.</i> Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos P2 e P3. ..	71
<i>Figura 18.</i> Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos R1 e R4.....	74

<i>Figura 19.</i> Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos R1 e R4.	78
<i>Figura 20.</i> Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos R1 e R4...	80
<i>Figura 21.</i> Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos R2 e R3.....	84
<i>Figura 22.</i> Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos R2 e R3..	86
<i>Figura 23.</i> Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos R1 e R4...	89

Lista de Tabelas

Tabela 1.	53
----------------	----

Sumário

Capítulo 1 – Construção de Equipamento de Baixo Custo	14
Introdução	15
Método de Construção de Equipamento de Baixo Custo	25
Critérios para concepção de equipamento alternativo de baixo custo.....	26
Ferramenta de desenho, método de corte a <i>laser</i> e materiais utilizados.....	27
Componentes eletrônicos.....	30
Produção de <i>Software</i>	31
Resultados - Equipamentos Produzidos	32
Câmara de condicionamento operante para pombos	32
Chave de resposta para pombos	34
Comedouro para pombos.....	36
Câmara de condicionamento operante para ratos	39
Barra retrátil para ratos	41
Bebedouro para ratos	43
<i>Software</i>	44
Capítulo 2 – Avaliação de Equipamento de Baixo Custo	48
Introdução	49
Método.....	51
Sujeitos	51
Equipamento	51
Procedimento	52
Resultados e Discussão.....	56
Desempenho dos sujeitos P1 e P4	56
Desempenho dos sujeitos P2 e P3	63
Desempenho dos sujeitos R1 e R4	72
Desempenho dos sujeitos R2 e R3	80
Desempenho do Equipamento	89
Considerações Finais	94
Referências	98

Capítulo 1 – Construção de Equipamento de Baixo Custo

Pesquisas psicológicas com sujeitos não-humanos foram conduzidas com inúmeros tipos de equipamentos ao longo de décadas, o que indica uma evolução intrincada entre o estudo do comportamento e à própria criação destes equipamentos. Um dos equipamentos mais utilizados foram labirintos de diversas formas e tamanhos (para revisão ver Olton, 1979).

Apesar de um grande número de estudos terem sido realizados com diversos tipos de labirintos ao fim do século dezenove e começo do século vinte (Olton, 1979), uma contribuição importante para o estudo do comportamento foi introduzida por Thorndike (1898) ao utilizar um tipo novo de equipamento, sendo este uma espécie de caixa-problema. Nesta caixa, era colocado um animal, no caso um gato, que poderia escapar da mesma apenas se acionasse corretamente um mecanismo que abria uma porta da caixa. Com o auxílio desta caixa-problema, Thorndike observou que, nas primeiras vezes em que era colocado na caixa-problema, o animal demorava em torno de 160 segundos até escapar da caixa, mas que, ao longo de mais de vinte repetições do procedimento de clausura, o tempo de fuga caía para um valor em torno de apenas seis segundos.

Com a caixa-problema empregada por Thorndike (1898), foi possível analisar o comportamento do sujeito em função do número de vezes em que o sujeito fora exposto à situação problema, o que foi de suma importância para o desenvolvimento da Lei do Efeito (Lattal, 1998).

Segundo Lattal (1998), as contribuições de Thorndike (1898) foram adotadas e estendidas por Skinner (1938). Skinner também se utilizou de câmaras como Thorndike, porém, essas câmaras continham importantes inovações metodológicas. O equipamento descrito por Skinner consistia em uma pequena câmara na qual um rato era colocado.

Diferente da caixa-problema de Thorndike, a câmara utilizada por Skinner apresentava uma pequena barra, a qual, se pressionada pelo rato, poderia gerar a apresentação de alimento contingenciado de diversas maneiras à resposta de pressão à barra. Skinner analisou as respostas de pressão à barra em função do tipo de contingência programada, observando, assim, as relações entre as contingências programadas e propriedades das respostas de pressão à barra ocorreram sob estas programações.

Ao compararmos os tipos de registro e análise feitos por Thorndike (1898) e Skinner (1938), observa-se que Thorndike utilizou-se de um procedimento de tentativas analisando o tempo para a fuga do gato, enquanto Skinner observou a frequência do comportamento de pressão à barra ao longo do tempo em função de diversas contingências programadas, fazendo uso de uma análise sob o procedimento operante livre.

Por um lado, a medida observada por Thorndike (1898) a cada tentativa (tempo até a fuga do gato) pode ter sido afetada por variáveis não registradas, além do número de exposições à situação problema. Por outro lado, observa-se que o procedimento operante livre utilizado por Skinner permitiu a ele um isolamento claro de variáveis, sendo possível observar em função de quais propriedades da programação o comportamento de pressão à barra era alterado. Como apontado posteriormente por Skinner (1950, 1956), a análise do comportamento operante livre em função das diversas programações foi fundamental para o isolamento do efeito de variáveis independentes sobre o comportamento. Isso indica a relevância metodológica da câmara por ele desenvolvida, sendo este mais um exemplo da evolução entrelaçada entre avanços metodológicos e avanços nos equipamentos utilizados em pesquisa.

As câmaras de condicionamento operante, como são atualmente chamadas as câmaras desenvolvidas inicialmente por Skinner (1938), foram e continuam sendo

amplamente utilizadas pelo controle sobre as variáveis que tal equipamento permitiu ao estudo do comportamento. Novas câmaras de condicionamento operante e sub-componentes tais como manipulandos e comedouros foram desenvolvidos para outras espécies de animais, tais como peixes, pombos, cães e primatas não-humanos, tendo como objetivo resolver uma ampla gama de empecilhos de ordens metodológica e prática ligadas à manipulação de variáveis independentes, registro de variáveis dependentes e contenção de custos de aquisição.

O controle de variáveis independentes foi incrementado com a fabricação de novos manipulandos adequados a condições experimentais específicas. Em estudos que utilizam choque como estimulação aversiva, é importante que se evite maneiras pelas quais o sujeito possa evitar o choque por respostas distintas àquela requerida pela contingência programada. Este é o caso da esquivia não autorizada, tal como ocorre, por exemplo, quando o animal elimina o contato com o chão eletrificado ao subir na barra de respostas. Para lidar com essa situação, Hoffman (1964) construiu uma barra retrátil que se encaixava na parede da câmara de condicionamento em testes de esquivia utilizando choques elétricos. Como a barra se encaixava na parede, isso evitava que o animal pudesse subir na barra, sendo, portanto, sempre exposto ao choque, conforme a contingência programada pelo experimentador.

Em procedimentos de tentativas discretas, é importante que se permita a emissão de apenas uma resposta sobre um manipulando, evitando-se diversas respostas durante uma tentativa. Hineline (1968) descreve a construção de uma barra retrátil para ratos que pode ser retraída em menos de 0,2 segundo, a qual, segundo o autor, é de grande utilidade em pesquisas com ratos envolvendo respostas discretas em situação de tentativas discretas, por permitir o registro da latência de uma resposta única durante uma tentativa.

Em pesquisas envolvendo o uso de drogas, é comum o uso de cateteres para a administração das mesmas. Por vezes, tais cateteres são inseridos nos membros que também atuariam manipulando, o que gera um problema técnico, já que o cateter pode se soltar enquanto o animal emite respostas. Diante disso, Thompson, Schuster, Dockens e Lee (1964) desenvolveram um aparato para primatas no qual os animais poderiam ativar bebedouros ou comedouros com a boca, em vez de utilizarem suas patas. Com a utilização de um manipulando ativado pela boca do animal, podia-se, então, restringir as patas para a colocação de um cateter, o que permitiu se que observasse variações nas respostas emitidas pela boca sobre o novo manipulando em função das drogas administradas pelo cateter.

Variações nos comedouros responsáveis pela liberação dos reforços também foram importantes no incremento do controle de variáveis independentes. Por exemplo, em estudos de condicionamento clássico, os intervalos entre a apresentação de estímulos condicionados e incondicionados é essencial. Henton e Iversen (1973) construíram um comedouro para primatas que liberava uma pelota de alimento em rápida velocidade, sendo tal comedouro um aperfeiçoamento relevante por garantir que o estímulo incondicionado estivesse presente no tempo especificado pelo experimentador. Ainda no contexto de estudos de condicionamento clássico, Kaplan, Wulp e Lipinski (1961) desenvolveram um alimentador automatizado para cães, o qual dava acesso ao alimento automaticamente sem a presença dos experimentadores. Isso foi feito com o intuito de evitar pareamentos entre o alimento e o próprio experimentador, o que ocorre caso o experimentador libere alimento manualmente.

Comedouros especializados também foram desenvolvidos para estudos que tinham peixes como sujeitos experimentais. Em pesquisas nas quais se utilizam peixes como sujeitos experimentais, há o problema de se liberar o reforço no meio líquido em

que os sujeitos se encontram. Diante disso, Hogan e Rozin (1961) desenvolveram um comedouro para peixes que mantinha vermes vivos em tubos com líquido. Um tubo, ao ser tombado, liberava um verme dentro do aquário dos peixes. Longo e Bitterman (1963) melhoraram o projeto do equipamento criado por Hogan e Rozin, modificando a maneira pela qual o alimento era liberado. No lugar dos tubos que continham o alimento e o liberavam quando eram tombados, os tubos eram agora espremidos por um solenóide, ejetando no aquário os vermes contidos nos tubos. Haralson e Ralph (1966) indicaram falhas no equipamento de Longo e Bitterman e criaram um novo comedouro para peixes que dispensava vermes vivos de forma mais confiável. No novo projeto de Haralson e Ralph, pequenos potes que continham os vermes vivos caminhavam sobre uma espécie de esteira e eram tombados sobre o aquário ao chegarem ao fim da esteira, liberando assim os vermes na água. Por outro lado, Ames (1967) criticou a utilização de vermes como alimento de peixes, argumentando pelo uso de ração líquida e dando orientações para a construção de um comedouro de ração líquida para peixes que utilizava uma seringa para liberar rapidamente o alimento no aquário do peixe.

Em um contexto bastante diferente, sabemos que, antes do envio de astronautas para o espaço, primatas não-humanos foram utilizados para testar diversos parâmetros dos vôos orbitais. Para testes comportamentais realizados no espaço, havia a necessidade de se desenvolver um alimentador para primatas automatizado e que não consumisse muita eletricidade. Diante disso, Grunzke (1964) desenvolveu um comedouro utilizando-se de solenoides que não necessitavam de elevadas correntes elétricas para operar automaticamente, resolvendo uma questão técnica importante no contexto da época.

Além do controle maior sobre variáveis independentes, o registro das variáveis dependentes também motivou alterações nos equipamentos utilizados em pesquisas

comportamentais com animais não-humanos. Sapon (1964) apresentou uma solução para a coleta de dados com roedores pequenos que não têm força para operar barras comuns, indicando um mecanismo que permitia o registro de uma resposta de pressão à uma barra com força menor a de 1N. Outro equipamento utilizado na medição precisa de movimentação de pequenos animais foi criado por McClelland (1965), com este medindo variações de movimento tendo como base um sistema que registrava a variação na capacitância do ambiente experimental.

Com o objetivo de obter uma medida mais precisa da resposta de consumação de alimento sólido por ratos, Fallon (1965) desenvolveu um alimentador que registrava a resposta de consumação de alimento e sua duração utilizando como medida a interrupção de uma corrente elétrica de baixa intensidade. Zeigler e Feldstein (1971), também interessados em monitorar o comportamento alimentar de pombos, desenvolveram um alimentador que registrava automaticamente as respostas de consumo de alimento por pombos utilizando uma fotocélula que era ativada assim que o pombo colocava a cabeça dentro do alimentador.

Pear e Eldridge (1984) desenvolveram um sistema de registro de respostas de pombos extremamente preciso, utilizando para tal duas câmeras que filmavam a sessão e automaticamente registravam a posição da cabeça de um pombo dentro de coordenadas específicas da câmera experimental. Tal aparato foi utilizado com sucesso para o registro de bicadas em chaves adquiridas por diversos procedimentos de treino, incluindo automodelagem.

Pinkston e Branch (2006) produziram um chão que era ativado mecanicamente pelo peso de pombos utilizados em pesquisas farmacológicas. Tal equipamento fora desenvolvido para que se pudessem ter uma medida precisa do movimento de pombos após a injeção de um fármaco. Tal registro não era possível usando-se um equipamento

típico, que media o andar pela ativação de fotocélulas, já que, após o tratamento farmacológico, tais animais repentinamente batiam as asas ativando todas as fotocélulas da câmera experimental, inviabilizando, assim, um registro preciso.

Em estudos utilizando-se animais que vivem em grupos familiares, tais como primatas não humanos, uma variável comportamental importante é a manutenção do grupo, evitando-se o isolamento individual. Com o objetivo de eliminar o isolamento em pesquisas conduzidas com babuínos, Fagot e Palleressompoulle (2009) criaram um equipamento automatizado que permitia que todos os animais do grupo conduzissem sessões experimentais de forma voluntária ao longo de todo o dia. O equipamento funcionava lendo um código emitido por um identificador de frequência de rádio preso aos babuínos, carregando, após a leitura e identificação de um sujeito específico, a sessão experimental pela qual o animal deveria passar.

Como visto anteriormente, incrementos no controle de variáveis independentes e no registro de variáveis dependentes foram motivos para o desenvolvimento de novos equipamentos para pesquisas comportamentais com sujeitos não humanos. Um outro fato que também motivou a construção de novos equipamentos foi o custo dos equipamentos já existentes no mercado.

O custo de equipamentos pode ser um aspecto importante na condução de pesquisas comportamentais. Pineño (2013) indica que o custo de uma câmara de condicionamento comercial pode chegar até U\$ 4,500.00, com um número maior de câmaras chegando a uma soma final de até U\$ 50,000.00. A soma final é possivelmente proibitiva para a aquisição de tais equipamentos por alguns laboratórios, o que impede a formação e a manutenção de laboratórios de pesquisa e laboratórios didáticos. A construção de equipamentos de baixo custo foi realizada por diversos autores que procuraram sanar o problema de alto custo de aquisição de equipamentos.

Um bebedouro para ratos foi desenvolvido por Crowder, Wilkes e Huneycutt (1964), sendo esta uma versão de baixo custo baseada em aparelhos comerciais típicos da época. Para tal, os autores utilizaram materiais simples, como folhas de aço, na confecção desse equipamento. A barra retrátil para ratos apresentada por Hoffman (1964) também foi construída com materiais baratos como folhas de metal e interruptores comuns, reduzindo, assim, o custo desses equipamentos.

Debert e Andery (2006) desenvolveram um focinhador de baixo custo para ratos baseado em tecnologia de detecção de radiação infravermelha. Tal focinhador foi desenvolvido com o objetivo de facilitar tarefas de discriminação simples e, possivelmente, de discriminações condicionais, ao disponibilizar o estímulo discriminativo no mesmo local onde a resposta do rato era emitida.

Pesquisas que utilizam estimulação olfativa dependem de equipamentos grandes e caros. Com o objetivo de utilizar estimulação de natureza olfativa em experimentos de discriminação em ratos, Iversen (2008) desenvolveu um aparato de baixo custo que apresentava pequenas cápsulas que continham um pó que liberava os estímulos olfativos na câmara experimental, utilizando materiais como plástico e acrílico para produzir seu equipamento. Outra característica do equipamento de Iversen foi o uso de uma interface paralela de baixo custo para operar automaticamente seu equipamento, o que tornou desnecessário qualquer investimento externo em caras interfaces comerciais.

Com o avanço tecnológico e a disseminação de computadores pessoais, uma grande parte dos equipamentos eletromecânicos, tais como o registrador cumulativo, foram substituídos por computadores e interfaces digitais modernas. Tais interfaces são responsáveis por fazer a comunicação entre o ambiente experimental e o computador. Enquanto o ambiente gera *inputs* (respostas do organismo etc.), o computador avalia os *inputs* e gera *outputs* (liberação de alimento no ambiente experimental, alteração no

controle climático, aviso de fim de estoque de alimento etc.). As interfaces também são responsáveis por registrar todos os *inputs* e *outputs* que ocorrem durante o experimento, informações essas utilizadas posteriormente na análise de dados.

Usualmente, interfaces comercialmente disponíveis são adquiridas ao se equipar um laboratório, seja este didático ou de pesquisa. Tais interfaces têm elevado custo de aquisição e manutenção. Outra característica dessas interfaces é a necessidade de um *software* que as controle. Tais *softwares* são, normalmente, *softwares* fechados. A palavra ‘fechado’ no jargão da informática faz alusão à impossibilidade de o usuário final alterar o *software* em seu favor, estando o *software* fechado para alterações. Uma das implicações do uso de uma interface com *software* fechado é a de que não é possível utilizar a interface com outros *softwares*, com o comprador da interface sendo, geralmente, obrigado a comprar também um *software* específico para que possa operar com sucesso seu equipamento, elevando assim ainda mais os custos. Outra desvantagem é que, a depender do estudo que o experimentador deseja realizar, o *software* que acompanha o equipamento pode nem sempre gerar o controle de variáveis independentes e/ou permitirem o registro de variáveis dependentes desejáveis, o que restringe o leque de pesquisas realizáveis.

Com o intuito de diminuir tal o custo de aquisição de interfaces e *softwares*, alguns pesquisadores desenvolveram sistemas baseados em *interfaces* comerciais ou interfaces artesanalmente construídas. Tais sistemas utilizam *software* ‘aberto’, com código manipulável pelo experimentador, e tem como característica principal seu baixíssimo custo de aquisição.

Canto, Bulafari e D'Ausilio (2011) construíram uma pequena interface capaz de medir o potencial obtido através de leitura de eletroencefalograma (EEG) e acuradamente registrar o tempo de ocorrência na variação de tais potenciais, o que

resultou em um aparato de baixo custo e com maior precisão que os equipamentos previamente utilizados.

Outros equipamentos foram construídos utilizando-se de interfaces comerciais de *software* aberto, tal como a Arduino, uma interface bastante popular. A Arduino é uma interface baseada em *microchips* ATMELE que utiliza uma IDE de *software* aberto específica e que utiliza *sketches* (pequenos programas) em uma linguagem derivada de C++ para operar. Existem dois tipos principais de Arduino, a Arduino Uno e a Arduino Mega, sendo a diferença entre ambas a quantidade de entradas para *inputs* e entradas para *outputs*.

Um exemplo de estudo comportamental utilizando a interface Arduino é o estudo de D'Ausilio (2012). Uma das principais características para um bom registro de variáveis dependentes é a precisão temporal do registro. D'Ausilio realizou uma série de testes com uma interface Arduino Uno, avaliando a capacidade temporal no registro de eventos, e concluiu que esta pode servir como uma alternativa de baixo custo em estudos comportamentais ou neurofisiológicos.

Outro equipamento desenvolvido com base na interface Arduino Uno foi o construído por Pineño (2013) para automatizar uma câmara de condicionamento operante de baixo custo. Pineño utilizou como demais componentes um iPod Touch para obter *inputs* de um rato e um servo motor (um pequeno motor elétrico) acionado pelos *outputs* para dispensar o reforço. A câmara consiste em um vasilhame de plástico transparente na qual o animal é colocado. Um recorte em uma das faces do vasilhame e a fixação do iPod Touch neste recorte permite que o animal possa interagir com a tela do aparelho. Após uma resposta do animal sobre a tela ser detectado, um sinal de *input* é enviado à Arduino Uno que o computa e, em seguida, libera água ou alimento na câmara experimental pela ativação do servo motor.

Apesar de funcionais, os equipamentos de baixo custo previamente apresentados exibem tipicamente uma construção rudimentar de difícil reprodução. Por se tratarem de protótipo, não sendo normalmente passíveis de serem refeitos, mantendo-se um alto padrão de qualidade. Além disso, tais equipamentos também não apresentam características encontradas em equipamentos comercialmente disponíveis, tal como a modularidade que pode ser de grande auxílio a depender do uso almejado para o equipamento adquirido.

Diante do que foi exposto acima sobre a contribuição metodológica das câmaras de condicionamento e suas versões modernizadas em relação ao controle de variáveis independentes e do registro de variáveis dependentes, bem como do custo envolvido na aquisição e manutenção de tais equipamentos, a presente dissertação teve como objetivos (1) descrever a construção de um equipamento de baixo custo para uso em pesquisas comportamentais utilizando ratos e pombos e (2) replicar padrões típicos de comportamento em esquemas de reforço simples nestas novas câmaras protótipo com o objetivo de avaliar a adequabilidade de tal equipamento para uso em pesquisas comportamentais.

Método de Construção de Equipamento de Baixo Custo

Abaixo são elencados os passos seguidos desde a concepção do novo equipamento até a confecção do mesmo. Inicialmente, são elencados os critérios que guiaram a concepção do equipamento abaixo apresentado. Em seguida, são apresentadas as ferramentas com as quais foram desenhadas e fabricadas as peças utilizadas na confecção do equipamento, sendo exemplificado o desenho e corte de algumas dessas peças. São apresentados também os componentes eletrônicos utilizados. As caixas

construídas para experimentos que utilizaram pombos e ratos e seus sub-componentes como chaves e comedouro para a caixa de pombos e barra retrátil e bebedouro para a caixa de ratos também são descritos. Por fim, indicam-se as ferramentas de desenvolvimento de *software* utilizadas para que se escrevesse o *software* produzido para controlar de forma automatizada as caixas previamente descritas.

Critérios para concepção de equipamento alternativo de baixo custo

Antes da construção dos equipamentos, foi elencada uma série de critérios a que o equipamento finalizado deveria atender:

- 1- Garantir a manipulação de variáveis independentes.
- 2- Realizar o registro de variáveis dependentes de forma automática.
- 3- Ser passível de ser construído com um baixo custo de produção.
- 4- Garantir a manutenção da saúde dos sujeitos experimentais, não contendo materiais possivelmente prejudiciais, caso esses fossem ingeridos.
- 5- Ser passível de ser produzido em grandes quantidades com o mesmo padrão de qualidade, por isso facilitar a padronização dos equipamentos e, conseqüentemente, a replicação de estudos.
- 6- Ser facilmente construído.
- 7- O equipamento também deve apresentar a possibilidade de ser configurado de diversas maneiras após ser finalizado, possibilitando a instalação de um número variável de chaves e comedouros, na caixa para pombos, e de barras e bebedouros, na caixa para ratos.

Ferramenta de desenho, método de corte a *laser* e materiais utilizados

O material escolhido para a construção dos equipamentos foi o plástico acrílico em placas brancas ou transparentes de diversas espessuras (entre 5 e 2 mm), por tal material não ser tóxico aos animais, mesmo em caso de ingestão. Para que tais placas fossem cortadas formando as peças que constituem os equipamentos aqui apresentados, foi necessário escolher um método de corte adequado. Optou-se por utilizar uma máquina de corte a *laser*, o que permite que peças de todas as formas possam ser cortadas quantas vezes seja necessário mantendo-se um mesmo padrão entre elas. O corte a *laser* em acrílico pode ser feito em estabelecimentos comerciais que trabalhem com tal material. Para que tal máquina pudesse ser utilizada, foi necessário fazer o projeto das peças em um programa de desenho. Apesar de normalmente se utilizar programas do tipo *Computer Aided Design* (CAD) para gerar tais projetos, utilizou-se, no lugar, um programa de desenho vetorial, por este ser muito mais simples de utilizar do que os programas de tipo CAD. O programa de desenho vetorial utilizado foi o Inkscape, um programa gratuito disponível na internet (<https://inkscape.org/en/>). Após as peças serem desenhadas no Inkscape, o projeto (Figura 1) foi exportado em arquivos tipo *Portable Document Format* (PDF) para a máquina responsável pelo corte a *laser* (Figura 2). Com o corte sobre as placas de acrílico, as peças geradas (Figura 3) foram coladas ou parafusadas umas às outras gerando, assim, os equipamentos que são descritos na sessão seguinte.

Figura 1. Exemplo de projeto para peças utilizadas para a construção do bebedouro para ratos, com as seis faces, suporte de servo motor e peças do mecanismo dispostas na imagem.

Figura 2. Momento do corte a *laser* das peças sendo executado numa placa de acrílico transparente de 5 mm. As linhas brancas indicam onde cortes já foram realizados.

Figura 3. Exemplares de peças produzidas pelo corte a *laser* sobre placa de acrílico.

Componentes eletrônicos

Os equipamentos também necessitam de componentes eletrônicos que geram os sinais de *input* e *output* que servem de referência para os programas que controlam as contingências. Foram utilizados *switches* (Figura 4, Item A) comercialmente disponíveis que necessitam de pouca força para serem acionados, além de outros tipos de contatos elétricos (Figura 4, Item B), quando o uso de tais *switches* se provou ineficaz, tal como na chave de resposta para pombos. Para a atuação mecânica, foram utilizados servo-motores (pequenos motores elétricos, Figura 4, Item C) tipicamente utilizados em *hobby* modelismo, por serem de fácil aquisição e substituição, além de permitirem a programação da posição de seus atuadores.

Para integrar o equipamento com o computador é necessário que haja uma comunicação entre os mesmos. Os sinais elétricos gerados pelas respostas emitidas pelo organismo, as quais fecham os contatos presentes nos equipamentos, devem ser enviados ao computador para que este possa processá-los e, então, enviar uma ordem ao servo-motor instalado no comedouro ou no bebedouro. Diante disso, uma interface Arduino Uno foi utilizada (Figura 4, Item D). Essa interface recebe os sinais elétricos gerados pelo fechamento dos contatos instalados nos equipamentos, transformando tais sinais em *inputs*, que são caracteres de tipo ASCII (caracteres codificados em bits), os quais são transferidos ao computador por via de uma porta serial. O computador, ao receber tais caracteres, registra-os e gera um *output* para a Arduino Uno, a qual então comanda, se necessário, os servo motores, *LED's* (Figura 4, Item E) e *buzzers* (Figura 4, Item F). Os *softwares* que controlam tal interação são descritos abaixo em maiores detalhes.

Figura 4. Componentes eletrônicos utilizados. Observa-se os *switches* elétricos utilizados na barra da caixa para ratos (A), os contatos utilizados na chave de respostas da caixa para pombos (B), um dos servo-motores utilizados tanto no comedouro da caixa para pombos e na barra retrátil e bebedouro da caixa para ratos (C) e uma interface Arduino Uno (D) utilizada para controlar as câmaras de condicionamento operante, os LED's utilizados (E) e o *buzzer* utilizado na câmara operante para ratos (F).

Produção de *Software*

Utilizou-se a ferramenta de programação Delphi 7® para criar um *software* que controlava o andamento de uma sessão experimental (programa de gerenciamento de

esquemas de reforço, ou PGER) e outros dois de processamento posterior dos dados brutos obtidos em uma sessão, um responsável por gerar registros cumulativos das sessões experimentais e outro responsável por prospectar as pausas pós reforço emitidas numa sessão experimental. Um *software* que rodava na interface (chamado de '*sketch*') também foi escrito, utilizando-se um editor de código próprio da interface.

Resultados - Equipamentos Produzidos

Câmara de condicionamento operante para pombos

A câmara para pombos (Figura 5) mede 30 cm x 30 cm x 39 cm e foi produzida com placas de acrílico de 5 mm branco e transparente sendo baseada na câmara descrita por Ferster e Skinner (1957).

A câmara é composta por seis faces, tendo formato cúbico. O teto e a face na qual se encontra a porta pela qual o animal é colocado dentro da câmara foram feitos em acrílico transparente de 5 mm para facilitar filmagem e inspeção visual das sessões experimentais. O fundo e uma das faces laterais são feitos de acrílico branco de espessura de 5 mm. A outra face lateral, na qual são colocados a chave de resposta e o comedouro, é feita de acrílico transparente de 5 mm. Tal face é coberta na parte exterior, à qual o animal não tem acesso, por um filme preto que salienta a chave de resposta quando esta está iluminada. Essa mesma face conta ainda com dois painéis substituíveis nos quais há furações sobre as quais são encaixados chaves (no painel superior, Figura 5, Item A) ou comedouros (no painel inferior, Figura 5, Item B). Caso se queira utilizar uma chave de resposta e um comedouro, é necessário que o painel das chaves de resposta tenha apenas um furo, para acomodar apenas uma chave de resposta,

e que o painel dos comedouros tenha apenas um furo, para acomodar apenas um comedouro. Caso se queira utilizar outra configuração com mais chaves e ou mais comedouros, basta substituir os respectivos painéis por outros com mais furações. O tamanho dos painéis disponibiliza espaço para, no máximo, três chaves e dois comedouros em seus respectivos painéis, com o sistema conferindo um caráter modular à câmara de pombos.

Na configuração atual, a câmara de pombos apresenta um comedouro no painel inferior com uma abertura de 6 cm por 6 cm localizado no centro de uma das faces laterais, estando o centro da abertura a 4 cm do chão da câmara (Figura 5, Item D). No centro do painel superior está localizada a chave de respostas, a 22 cm do chão da câmara experimental (Figura 5, Item C). Tal configuração é adequada ao estudo de esquemas de reforço simples, porém tal configuração tem de ser alterada, caso se queira estudar outros temas nos quais se necessite de mais de uma barra, como por exemplo, discriminações condicionais ou esquemas de reforço concorrentes.

O custo da câmara para pombos pode ser estimado em U\$ 300.00, não se levando em conta a chave de respostas e o comedouro.

Figura 5. Protótipo de câmara de condicionamento para pombos. Observa-se à esquerda (1) a face lateral com o painel utilizado para fixar as chaves de resposta (A) com uma chave posicionada no centro do mesmo. Abaixo se observa o painel utilizado para fixar os comedouros com um comedouro instalado no centro do painel (B). À direita (2) observa-se o detalhe da peça sobre a qual o pombo poderá responder (C) e a abertura pela qual o animal pode acessar o comedouro (D).

Chave de resposta para pombos

A chave de respostas (Figura 6) mede 8 cm x 10 cm x 5 cm e foi produzida com placas de acrílico transparente e branco de 5 e 2 mm de espessura. Tal chave foi baseada na descrição obtida em Ferster e Skinner (1957).

A chave é composta por uma placa traseira, uma placa dianteira, uma dobradiça e uma armação em volta da placa dianteira. A placa traseira serve de suporte para apoios que seguram uma armação que é encaixada com parafusos ao painel superior da câmara. Dentro dessa armação está localizada a placa dianteira que é presa pela dobradiça à placa traseira. Sobre a placa dianteira também é fixada uma peça em formato circular em acrílico branco sobre a qual o pombo poderá responder (Figura 6, Item A). A placa

traseira conta com nove furos de 5 mm para a instalação de LEDs que iluminam a peça sobre a qual o pombo poderá responder (Figura 6, Item B). A dobradiça conta com um suporte para o encaixe de uma extremidade de uma mola (Figura 6, Item C), esta que tem sua outra extremidade fixada a um parafuso (Figura 6, Item D) preso à placa traseira. O parafuso no qual a outra extremidade da mola está fixada serve para regular a intensidade da força necessária para empurrar a placa dianteira em direção à placa traseira, o que permite, portanto, a regulação da força necessária para que uma resposta seja emitida sobre a chave, com a exigência de força podendo variar entre 10 e 80 N. A placa traseira, assim como a dianteira, dispõem de suportes para contatos elétricos (Figura 6, Item E) que entram em contato quando uma resposta empurra a placa dianteira em direção à placa traseira, o que permite o registro de tal resposta. O custo de produção da chave de respostas é de U\$50.

Figura 6. Protótipo de chave de respostas para pombos. Observa-se a peça circular em acrílico branco (A) sobre a qual o pombo pode responder iluminada por um LED (B) e o mecanismo de atuação da placa dianteira. Sobre a chave observa-se a mola (C) e o parafuso (D) utilizados para regular a força necessária para a emissão da resposta. Observam-se também os contatos elétricos (E).

Comedouro para pombos

O comedouro (Figura 7) mede 9 cm x 9 cm x 23 cm e foi produzido com placas de acrílico branco de 5 mm de espessura. O comedouro é composto por uma face dianteira que contém uma furação, com tal face sendo encaixada no painel inferior da câmara. Na parte posterior desta face, estão fixadas outras três faces que são unidas no fundo por uma quarta face, para formar um cubo incompleto, sem chão. No espaço deixado pela falta de chão há um encaixe para uma espécie de gaveta que pode ser fixada na parte de baixo de tal cubo incompleto (Figura 7, Item B). Nessa gaveta, é despejado o alimento que servirá de consequência para as respostas dadas sobre a chave.

Tal gaveta conta com uma tampa em sua parte superior que pode ser deslocada para frente e para trás, permitindo ou restringindo acesso ao alimento durante a sessão. A tampa da gaveta está fixada a um mecanismo de atuadores, estes que estão fixados a um servo motor que gera o movimento necessário para empurrar a tampa da gaveta (Figura 7, Item C). Quando a tampa da gaveta é deslocada para trás, abre-se um espaço na parte superior da gaveta, o que libera acesso para o alimento contido na gaveta (Figura 7, Item A). O comedouro ainda conta com um furo no topo para a instalação de LEDs que servem para iluminar a parte interna do comedouro quando o acesso ao alimento é liberado. O tempo de acesso ao alimento pode ser alterado por meio da programação do *software*. O custo de produção do comedouro é de U\$70.

Figura 7. Protótipo de comedouro para pombos. Observa-se acima (1) o comedouro com a gaveta fechada e abaixo (2) na posição aberta com a luz indicativa acesa. Na parte dianteira observa-se a abertura pela qual o pombo tem acesso ao alimento (A). Na parte traseira observa-se a gaveta (B), o mecanismo de abertura e fechamento da gaveta (C).

Câmara de condicionamento operante para ratos

A câmara para ratos (Figura 8) mede 29 cm x 27 cm x 29 cm e foi produzida com placas de acrílico brancas e transparentes de 5 mm de espessura apresentando medidas similares às de câmaras comercialmente disponíveis.

A câmara é composta por 10 faces, tendo formato octogonal, com duas das faces nas quais se encontram a porta e o fundo, sendo maiores que as outras seis faces laterais. O teto e a face na qual se encontra a porta foram feitos em acrílico transparente de 5 mm para facilitar filmagem e inspeção visual das sessões experimentais. O fundo e as seis faces laterais são feitas de acrílico branco de 5 mm.

As seis faces laterais contém duas furações cada. Uma das furações tem formato quadrado e está na parte de baixo, enquanto a outra furação começa na metade da caixa e se estende até o topo de cada face lateral. A furação de baixo serve para a instalação de um bebedouro (Figura 8, Item B). A furação de cima serve para a instalação de uma pequena porta que pode ser levantada ou abaixada fazendo parte de um mecanismo de recolhimento de uma barra retrátil (Figura 8, Item A). Caso se queira utilizar uma barra e um bebedouro na câmara, basta instalar tais equipamentos em suas respectivas furações em qualquer uma das seis faces laterais, tampando-se todas as outras furações das outras faces.

Os suportes utilizados para tampar as furações das faces laterais, caso não se usem barras ou bebedouros nas mesmas, contém furos de 5 mm de diâmetro para a instalação de LEDs. Com tal sistema de furações, a câmara de ratos pode comportar até seis barras retráteis e seis bebedouros, ou um número igual ou menor de cada um desses

equipamentos espalhados por qualquer uma de suas respectivas furações disponíveis nas faces laterais, o que confere um caráter modular à câmara de ratos.

Na atual configuração, a câmara de ratos tem, em uma de suas faces laterais, um bebedouro com uma abertura de 4,5 cm x 4 cm localizado a 1 cm do chão da câmara. No centro de tal face está localizada uma barra de respostas a 10 cm do chão da câmara. A configuração atual é adequada ao estudo de esquemas de reforço simples, porém pode ser alterada para que se possam estudar outros temas que requeiram mais barras, bebedouros e luzes. O custo da câmara para ratos é de U\$500, não contando com a barra de respostas e bebedouro.

Figura 8. Protótipo de câmara de condicionamento operante para ratos. Observa-se em uma das faces laterais uma barra retrátil (A) em posição estendida e, abaixo da mesma, o bebedouro (B) e a cuba (C) que contém líquido.

Barra retrátil para ratos

A barra retrátil (Figura 9) para ratos mede 11,5 cm x 14 cm x 22 cm produzida com placas de acrílico transparente e branco de 5 mm de espessura. A barra retrátil é composta por uma placa dianteira que se encaixa a uma das faces da câmara para ratos. Tal placa serve de apoio para uma outra placa base que fica perpendicular, em posição horizontal, à primeira. A placa base apresenta trilhos sobre os quais uma espécie de vagão se desloca para frente e para trás. Tal vagão segura por meio de um parafuso a peça sobre a qual o animal poderá responder. Essa peça apresenta 4,5 cm de largura e 5 mm de espessura na parte que é exposta ao animal, sendo blindada por uma placa em alumínio que evita. Para que o vagão possa se deslocar para frente ou para trás, é ligado a um mecanismo de atuadores ligado a um servo motor que gera o movimento para que haja tal deslocamento. Para que a peça sobre a qual o animal responde possa ser estendida para dentro da câmara, uma porta vertical é levantada por outro mecanismo ligado a outro servo motor, permitindo que haja espaço em uma das faces laterais da câmara para que a barra possa se deslocar para dentro da câmara.

Quando a peça sobre a qual o animal responde está posicionada dentro da caixa e esta é empurrada para baixo, um *switch* elétrico fixado ao vagão é fechado, gerando assim um impulso elétrico. Para que a peça sobre a qual o animal responde volte à posição original, a extremidade de uma mola é fixada à parte dianteira da peça. A outra extremidade da mola é fixada à uma peça do vagão por meio de outro parafuso, o que permite a regulação da força necessária para a emissão de uma resposta. A peça sobre a qual o animal responde conta com duas outras peças em sua parte dianteira, as quais impedem que o animal desloque sua cabeça para dentro do espaço gerado na face lateral da câmara ao se inserir a peça sobre a qual o animal responde. O custo de produção da barra de resposta é de U\$100.

Observa-se que a barra retrátil aqui descrita foi a utilizada na maior parte do treino dos animais (Capítulo 2), sendo esta uma versão melhorada a partir do protótipo inicial.

Figura 9. Protótipo da barra retrátil para ratos. À esquerda acima (1) observa-se a barra na posição estendida. À direita acima (2) observa-se a barra na posição retraída. Acima (1,2) observa-se o vagão (A) que segura a peça sobre a qual o animal poderá responder, o mecanismo de abertura da porta (B) e o mecanismo da que movimenta o vagão (C) . Abaixo (3) observa-se o detalhe da peça sobre a qual o animal pode responder (D) na posição estendida para dentro da câmara.

Bebedouro para ratos

O bebedouro (Figura 10) mede 10 cm x 6 cm x 5,5 cm e foi produzido com placas de acrílico branco de 5 mm de espessura sendo constituído por seis faces gerando um cubo. A face frontal apresenta uma perfuração de 4 cm x 4,5 cm pela qual o animal acessa o interior do cubo. Tal face também apresenta encaixes para a instalação do bebedouro na parte inferior de uma das faces da câmara para ratos.

No chão que constitui o bebedouro há uma perfuração de 1cm x 1cm. Na parte traseira do bebedouro há um mecanismo (Figura 10, Item A) acionado por um servomotor que permite que uma peça se mova sobre trilhos para baixo e para cima. Na extremidade inferior dessa peça está presa outra peça, esta de aço inox (Figura 10, Item B), que é abaixada até uma cuba com líquido (Figura 10, Item C). Quando isso ocorre, uma gota de líquido fica presa numa reentrância da peça de inox a qual entra pela furação do chão do cubo para dentro do mesmo liberando assim o acesso a uma gota de líquido para o rato. O custo do bebedouro para ratos é de U\$50.

Figura 10. Protótipo de bebedouro para ratos. À esquerda (1) observa-se o mecanismo de atuação (A) que leva a peça de aço inox (B) para dentro da cuba de líquido (C). À direita (2) observa-se o detalhe do interior do bebedouro com a peça de inox (D) recolhida e exposta ao animal.

Software

Dois programas foram criados para executar o processamento necessário durante uma sessão experimental. Um deles opera na interface Arduino Uno (chamado de ‘*sketch*’) e é escrito em uma linguagem derivada de C, o qual se comunica por um protocolo serial com o Programa de Gerenciamento de Esquemas de Reforço (PGER) que opera no computador, este último responsável por controlar os esquemas e gerar um registro dos dados. Tal operação é esquematizada na Figura 11.

O ‘*sketch*’ que opera na interface é responsável por captar os sinais elétricos obtidos pelo *hardware* (*switches* ou contatos) e transmiti-los de forma inteligível para o

PGER. Após o PGER receber e processar as informações obtidas, este último manda de volta ordens que são acolhidas pelo *sketch* que opera na interface, a qual gera comandos que controlam os servo-motores, *buzzers* e LED's.

O PGER foi escrito utilizando-se a ferramenta de desenvolvimento Delphi 7[®]. O *software* permite que listas de valores para os parâmetros dos esquemas sejam produzidas, com tais listas sendo salvas em formato .xls. As listas são interpretadas pelo próprio PGER servindo de guia para o mesmo (servindo como um análogo digital às antigas fitas utilizadas na programação eletromecânica).

Os parâmetros que podem ser manipulados em esquemas de razão são o número de respostas necessárias para que ocorra uma consequência programada e um *delay* para a liberação desta consequência. Os parâmetros que podem ser manipulados nos esquemas de intervalo são o valor do intervalo, o número de respostas a serem executadas após o término do intervalo e um *delay* para a liberação da consequência. Cada lista gerada permite que se indique um número máximo de iterações (número de intervalos ou de razões) do esquema selecionado naquela lista.

Pode-se, portanto, gerar listas com números fixos de iterações, como, por exemplo, uma lista que contém 300 iterações de VI 30 segundos. Mais de uma lista pode ser gerada e executada durante uma sessão experimental. As listas geradas são executadas em sequência, possibilitando, assim, a criação de esquemas mistos em um único manipulando.

O PGER também gera um registro em formato .xls. O programa registra dois tipos de eventos, o evento de uma resposta e o evento da liberação de um reforço. Ambos são registrados de forma ordinal, permitindo análise posterior do comportamento obtido durante a sessão experimental.

Figura 11. Esquema de funcionamento das câmaras de condicionamento (válido para ambos os modelos). Observa-se o *switch* ou contatos elétricos no manipulandum gerando um sinal elétrico que é interpretado pela interface Arduino Uno gerando um *input*. O PGER processa e registra o *input* e, se necessário, envia um *output* de volta para a interface Arduino Uno, a qual gera um comando que é executado mecanicamente pelo servo motor ou pelos *Buzzers* e *LED's*.

Além dos programas necessários para a execução do processamento de uma sessão experimental (PGER e '*sketch*'), dois programas de análise foram desenvolvidos para tratar os dados obtidos por uma sessão. O primeiro desses programas produzia registros cumulativos a partir do dado bruto. O segundo calculava todas as pausas pós-reforço de uma sessão. Tais programas foram utilizados para apresentar os resultados no Capítulo 2. Como parte do *software* foi feito pelo autor desta dissertação, com auxílio de um programador profissional, não houve custo monetário no desenvolvimento do mesmo. Investiu-se cerca de 200 horas para o desenvolvimento dos *softwares* acima descritos. Salienta-se que até a data da finalização deste documento (janeiro de 2015), o processo de escolha de licenças de distribuição tanto das plantas como dos *softwares*

não fora terminado, devendo os interessados se dirigirem diretamente ao autor caso requeiram informações adicionais.

Capítulo 2 – Avaliação de Equipamento de Baixo Custo

Uma maneira pela qual se pode avaliar a adequação de um novo equipamento, em específico as caixas de condicionamento operante e seus sub-componentes como manipulandos e comedouros, é comparando-se o padrão de respostas de esquema de reforço em equipamentos já utilizados com aqueles obtidos pelo uso do novo equipamento. Os padrões de comportamento obtidos em esquemas de reforço simples são indicados por Zeiler (1984) para calibrar novos laboratórios e, portanto, poderiam ser utilizados para avaliar, de forma análoga, novos equipamentos.

Esquemas de reforço são prescrições para o arranjo de reforçadores ao longo do tempo em relação ao comportamento do sujeito (Lattal, 1991). Os estudos com esquemas de reforço foram iniciados por Skinner (1938) ao ser demonstrado que um reforço não precisa necessariamente seguir cada resposta para fortalecê-la e, adicionalmente, que a apresentação intermitente de reforços gera um padrão de respostas estável ao longo do tempo (Zeiler, 1977). Esquemas de reforço são considerados variáveis independentes poderosas no estudo do comportamento por terem sido vastamente replicados (Zeiler, 1984).

Ferster e Skinner (1957) descrevem quatro tipos básicos de esquemas de reforço, o esquema de razão fixa (*fixed-ratio*/FR), no qual o reforçador é liberado contingente a emissão de um número fixo de respostas; o esquema de razão variável (*variable-ratio*/VR), no qual o reforçador é liberado mediante a emissão de um número variável de respostas; o esquema de intervalo fixo (*fixed-interval*/FI), no qual a liberação de um reforçador ocorre mediante a emissão de uma resposta após a passagem de um tempo fixo; e o esquema de intervalo variável (*variable-interval*/VI), no qual ocorre a liberação de um reforçador após a emissão de uma resposta em tempo variável.

Segundo Ferster e Skinner (1957), cada um destes esquemas apresenta padrões de resposta típicos. Os esquemas de razão fixa (FR) produzem um padrão chamado de *break-and-run*, no qual ocorrem altas taxas de resposta antes do reforço e pequenas pausas pós-reforço. Os esquemas de intervalo fixo (FI) produzem um padrão chamado de *scallop*, no qual se observa uma baixa razão de resposta no início do intervalo e um aumento gradual na frequência de resposta até o fim do intervalo. Os esquemas de intervalo fixo também podem produzir padrões similares aos de *break-and-run* (ver sessão de discussão para maiores detalhes). Os esquemas de razão variável e intervalo variável produzem padrões de resposta com frequências de resposta constantes e sem pausas pronunciadas, como as observadas em esquemas de razão fixa ou intervalo fixo. Os esquemas de razão variável, em particular, tendem a produzir um maior número de respostas por reforço que os de intervalo variável.

Em razão de cada esquema de reforço gerar um padrão comportamental típico e amplamente replicado, esquemas de reforço são uma forma adequada para o estudo de diversos tipos de alterações ambientais (Lattal, 1991; Zeiler, 1977, 1984). O efeito da alteração de equipamentos pode ser avaliado utilizando-se os padrões obtidos sob esquemas de reforço como uma medida da adequação destes equipamentos. Caso os mesmos padrões que foram amplamente obtidos na literatura sejam replicados em um novo equipamento, o mesmo se mostra adequado, sendo a negativa também verdadeira.

Diante da adequação de esquemas de reforço simples para o estudo de alterações ambientais, o que incluiu a introdução de novos equipamentos, foram escolhidos os quatro esquemas de reforço simples (razão fixa e variável e intervalo fixo e variável) e três valores para cada um deles, com o objetivo de avaliar o desempenho de pombos e ratos nos protótipos de equipamentos descritos no Capítulo 1.

Método

Sujeitos

Quatro pombos (*Columba livia*) machos nomeados de P1, P2, P3 e P4 e quatro ratos (*Rattus norvegicus*) machos nomeados de R1, R2 R3 e R4 foram utilizados. Os pombos foram mantidos no Laboratório de Análise Experimental, enquanto os ratos foram mantidos no Laboratório Didático, ambos os laboratórios pertencentes ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Os quatro pombos já haviam participado de pesquisas relacionadas a controle de estímulos e tinham, em média, cinco anos de idade. Os ratos, por sua vez, eram experimentalmente ingênuos e tinham aproximadamente cinco meses de idade ao início da pesquisa.

Os pombos ficaram em esquema de privação de alimento, sendo o peso mantido com alimentação suplementar a 85% de seu peso *ad libitum*, não havendo restrição no consumo de água. Os ratos ficaram em esquema de privação de água seguindo um procedimento semelhante ao apresentado por Matos e Tomanari (2002), no qual era liberada para os animais uma quantidade suplementar de água após as sessões de treino, seguindo-se então um período de aproximadamente vinte e três horas até a próxima sessão, não havendo restrição no consumo de ração.

Equipamento

As caixas de condicionamento operante utilizadas foram as mesmas descritas no no Capítulo 1. As caixas para pombos e para ratos foram colocadas no interior de caixas de isolamento acústico que mediam, respectivamente, 70 cm x 50 cm x 45 cm e 60 cm x

40 cm x 40 cm. Ambas as caixas de isolamento contavam com um pequeno ventilador que produzia ventilação e ruído de fundo. As caixas de isolamento também contavam com uma luz ambiente que ficava acesa durante toda a sessão.

Para controlar as caixas, foram utilizados dois computadores, um para cada caixa. A caixa para ratos foi controlada por um computador com processador Athlon 2800-866 Mhz, com sistema operacional Microsoft Windows XP. A caixa para pombos foi controlada por um notebook com processador Intel Core I5 3.2 Ghz com sistema operacional Microsoft Windows 7 Home Edition.

Procedimento

Os outro sujeitos passaram por diversas fases de treino sendo submetidos a esquemas de intervalo e razão (Tabela1).

Para todos os sujeitos, o treino foi iniciado com a modelagem da resposta ao manipulando, ou seja, treino de pressão à barra por parte dos ratos e de bicada à chave por parte dos pombos, sob esquema de Reforçamento Contínuo (CRF), passando-se, então, para esquemas de reforço intermitentes, conforme mostra a Tabela 1.

Ao fim da fase de treino ao manipulando os sujeitos P1, P4, R2 e R3 passaram por esquemas FI 12 s, FI 300 s, FI 120 s, VI 120 s, VI 12 s e VI 300 s. Os sujeitos P2, P3, R1 e R4 passaram para esquemas FI 12 s, FR 6/7, FR 20, FR 40, VR 40 VR 6/7 e, por fim, VR 20. Tais sujeitos passaram majoritariamente por esquemas de razão, porém, iniciou o treino em esquemas de reforço intermitentes por uma fase sob esquemas de FI 12 s. Isso se deu por que, no início do presente estudo, objetivava-se criar apenas um grupo e passar o mesmo pelos quatro esquemas de reforço simples, ideia posteriormente

abandonada tendo em vista o aspecto prático de tempo de coleta que inviabilizaria tal delineamento.

Utilizou-se uma sequência crescente e gradual de valores sob esquemas de FR para evitar quedas de razão observadas durante aumentos bruscos no parâmetro de razão de esquemas FR (*ratio strain*), evitado-se assim que as respostas de pressão à barra ou de bicadas na chave não entrassem em extinção. Sob esquemas de VR, optou-se por utilizar uma sequência sem ordem crescente ou decrescente entre os valores das fases, evitando-se assim qualquer eventual efeito proveniente de um aumento ou decréscimo constante dos valores dos esquemas entre as fases sob estes esquemas. Utilizou-se uma sequência de valores sem ordem crescente ou decrescente, tanto para os esquemas de FI quanto para os de VI, evitando-se assim qualquer eventual efeito proveniente de um aumento ou decréscimo constante dos valores dos esquemas entre as fases sob estes esquemas.

Tabela 1.

Fases de Treino

Sujeitos	Treino ao	Fase1	Fase2	Fase3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
	manipulando							
P1 e P4	CRF	FI 12 s	FI 300s	FI 120 s	VI 120 s	VI 12 s	VI 300 s	-
P2 e P3	CRF	FI 12 s	FR 6/7	FR 20	FR 40	VR40	VR 6/7	VR 20
R1 e R4	CRF	FI 12 s	FR 4/5	FR 20	FR 40	VR40	VR 4/5	VR20
R2 e R3	CRF	FI 12 s	FI 300s	FI 120 s	VI 120 s	VI 12 s	VI 300 s	-

Os valores utilizados como parâmetro de razão ou intervalo para cada esquema foram baseados em valores obtidos na literatura (e. g. Catania & Reynolds 1968; Ferster & Skinner, 1957; Schneider & Neuringer, 1972; Zeiler, 1970, 1972).

Os valores dos primeiros esquemas de razão utilizados para os sujeitos P2, P3, R1 e R4 foram obtidos realizando-se a média da razão de respostas obtidas nas cinco últimas sessões sob esquema FI 12s. Os sujeitos P2, P3, R1 e R4 foram escolhidos pois estes obtiveram médias de razão de resposta maiores que seus pares que continuaram sob esquemas de intervalo.

Para os esquemas de VI foram utilizados valores produzidos a partir das indicações descritas por Fleshler e Hoffman (1962). Tais valores foram produzidos utilizando-se o programa Progression (Costa, 2006) utilizando-se 12 elementos para cada valor médio de VI que eram apresentados em ordem pseudo-randômica e sem substituição a cada novo intervalo.

A consequência empregada em todas as fases foi, para os pombos, acesso por quatro segundos a alimento (mistura de grãos) e, para os ratos, uma de uma gota de 0,04 ml de água. O comedouro dos pombos era iluminado no período de acesso ao alimento. O bebedouro dos ratos não foi iluminado após a liberação da gota, porém, havia a liberação de um breve som produzido por um *buzzer* no momento em que a gota era liberada.

As sessões de todas as fases, com exceção das fases de FI 300 s e VI 300 s, duravam até o 50º reforço ser liberado, evitando-se, assim, saciação antes do fim da sessão o que permitia a estabilidade no peso dos animais. Nas fases de FI 300 s e VI 300 s, a duração foi de 120 minutos. Observa-se que, mesmo com a longa duração das

sessões sob esquema FI 300s e VI 300s, o peso dos animais também era mantido, pois a taxa de reforço nestes esquemas era extremamente baixa.

Dois critérios de estabilidade foram utilizados, um para esquemas de VI, FR e VR e outro para esquemas de FI. Para esquemas de VI, FR e VR utilizou-se um critério de razão por tal critério ser o mais comumente utilizado na literatura de esquemas de reforço (para uma revisão ver Zeiler, 1977). O critério de estabilidade foi o de estabilidade numa faixa de 20% do valor da razão de respostas por minuto durante cinco sessões de treino, sem que houvesse tendência positiva ou negativa nas razões médias emitidas nas três últimas sessões de treino.

Sob longa exposição à esquemas de intervalo fixo, o padrão de resposta se adequa mais à descrição de "*break and run*" (Schneider, 1969), o que sugere que critérios de inspeção visuais utilizados em outras obras (e.g. Ferster e Skinner, 1957) podem levar a uma mudança de fase prematura, o que tentou-se evitar ao utilizar um critério quantitativo que levava em conta pausas pós-reforço, seguindo a orientação oferecida por Perone (1991). Diante disso, utilizou-se um critério de estabilidade quantitativo que levava a pausa pós-reforço em consideração.

Para os esquemas de intervalo fixo, dividiram-se as nove últimas sessões em três blocos de três sessões cada, fazendo-se a média das três medianas de pausas pós-reforço obtidas nas três sessões de cada bloco. O comportamento foi considerado estável quando a diferença entre as médias entre os três blocos não era maior que 20% para esquemas FI 12 s e FI 120 s e 30% para esquemas FI 300 s e quando não havia tendência positiva ou negativa entre as três médias. O relaxamento de 20% para 30% entre os esquemas se deu por conta do desempenho característico em esquemas de FI com grandes valores de intervalo, nos quais há grande variação de pausas pós reforço (Ferster & Skinner, 1957).

Resultados e Discussão

Desempenho dos sujeitos P1 e P4

Uma das formas de análise de padrão de respostas amplamente empregada na literatura de esquemas de reforço é o registro cumulativo (e. g. Ferster & Skinner, 1957). Diante disso foram criados registros cumulativos de trechos de todas as últimas sessões (estado estável) de todos os animais sob todos os esquemas de reforço empregado no atual experimento. Os registros cumulativos não apresentam marcações de liberação de reforço. Indica-se que os reforços ocorreram sempre antes de pausas acentuadas em esquemas de intervalo ou razão fixos. Registros cumulativos de esquemas de intervalo ou razão variáveis onde ocorrem pausas acentuadas contam com análises específicas de tais pausas. Além de registros cumulativos, também são apresentados dados mais detalhados do desempenho dos animais em relação à duas das principais características que compõe o padrão de respostas, as pausas pós-reforço e razão média de uma sessão.

Na Figura 12 observam-se os registros cumulativos em estado estável (últimas sessões experimentais de todas as fases) dos sujeitos P1 e P4. Observa-se uma razão de respostas estável sob esquemas de FI 12s para o sujeito P1. Sob esquema FI 300s se observam marcadas pausas ocorridas após a liberação de reforços (e. g. Itens A, B e C, Figura 12). Tais pausas são seguidas de rápida aceleração na razão de respostas, o que configura um padrão de resposta de tipo “*break and run*”. Apesar de serem observadas pausas sob esquemas FI 300s o padrão não se mantém estável ao longo de todo o registro, com pausas e razões locais variando ao longo do registro. Sob esquema FI 120s as pausas emitidas por P1 são mais constantes e de duração menor do que as observadas sob FI 300s, enquanto que as razões novamente aceleram abruptamente após a pausa,

configurando, novamente, um padrão “*break and run*”. Ao serem introduzidos esquemas VI 120s observa-se uma queda nas durações de pausas pós-reforço e uma manutenção nas razões locais de resposta com estabilidade da razão ao longo de todo o registro. Os registros cumulativos sob esquemas VI 12s e VI 300s se assemelham ao de VI 120s no que se refere às pausas pós reforço e estabilidade ao longo do registro, porém apresentam razões de resposta menores que as de VI 120s.

O sujeito P4, ao passar por esquema FI 12s apresenta um padrão de resposta estável, sem demarcadas pausas pós-reforço ou variações em razão de resposta local. Já sob esquema FI 300s observam-se pausas pós-reforço de longa duração (e. g. Itens D, E e F, Figura 12). Observa-se que as razões de resposta locais observadas após as pausas pós-reforço aceleram lentamente até uma razão constante prévia a próxima liberação de reforço, o que configura um padrão de respostas conhecido como “*scallop*”. Sob esquema FI 120s, o sujeito P4 apresenta pausas pós-reforço seguidas de rápida aceleração na taxa de resposta configurando um padrão “*break and run*”. Sob esquemas de intervalo variável VI 120s e VI 12s o sujeito P4 emitiu pausas pós reforço de baixa duração e taxas de razão estáveis ao longo de todo o registro, sendo as taxas de resposta mais baixas sob esquemas VI 12s que sob esquemas VI 120s.

Os padrões encontrados sob esquemas FI 300s e FI 120s são amplamente encontrados na literatura, o que indica que o equipamento utilizado no experimento se mostrou adequado para a sua função de controle e registro de esquemas de reforço de intervalo fixo. Embora Ferster e Skinner (1957) tenham descrito os esquemas de reforço sob intervalo fixo como esquemas que geram um padrão de “*scallop*”, outros autores, como por exemplo, Cumming e Schoenfeld (1958), apresentam padrões de ‘*break and run*’ para pombos sob esquemas FI 30s. Duckich e Lee (1973) também obtiveram padrões muito semelhantes aos de ‘*break and run*’ sob esquemas FI 30s, FI 60s e FI

120s, Baron e Leinenweber (1995) obtiveram padrões '*break and run*' em esquemas FI 30s mesmo após exposição a uma história de esquema de intervalo variável, enquanto Schneider (1969) obteve padrão de '*break and run*' em esquemas FI 16/32/64/128/256s. O padrão irregular sob esquema FI 300s do sujeito P1 se assemelha ao obtido por Schneider (1969), no qual foi obtido um padrão com características de '*break and run*' sob esquema FI 512s, com tal padrão sendo irregular por ter pausas e razões de resposta locais muito distintas entre si.

Sob esquemas VI 12s, VI 120s e VI 300s observam-se a ausência de pausas pós-reforço longas, sendo que tanto para o sujeito P1 quanto para o sujeito P4, o padrão se mantém estável ao longo de todo o registro. As razões de resposta da maioria dos registros cumulativos sob esquemas de intervalo são maiores ou iguais as obtidas em seus análogos de intervalo fixo, o que replica os dados da literatura (Catania Reynolds 1968, Ferster e Skinner, 1957 e Zeiler 1977), com o equipamento apresentando-se adequado para a sua função de controle e registro de esquemas de reforço de intervalo variável.

Figura 12. Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos P1 e P4.

A pausa pós-reforço foi analisada em maior detalhe para todos os sujeitos e foi feita utilizando-se a mediana e os quartis inferior (Q1) e superior (Q3). Os gráficos de pausa pós-reforço devem ser lidos da seguinte maneira: O eixo horizontal apresenta todas as sessões de cada fase de treino de cada sujeito, com os quadrados pretos indicando a primeira sessão de cada fase. O eixo vertical apresenta os valores das medianas e quartis inferiores e superiores em milissegundos. Cada losango representa a mediana de todas as pausas pós-reforço obtidas numa dada sessão, a extremidade da barra encontrada abaixo dos losangos representa o quartil inferior de todas as pausas pós-reforço obtidas numa dada sessão e a extremidade da barra encontrada acima dos losangos representa o quartil superior de todas as pausas pós-reforço obtidas numa dada sessão.

O sujeito P1 apresenta medianas de pausas pós-reforço que iniciam em torno de 10 segundos sob esquemas FI 12s, sobe para valores em torno de 50 segundos sob esquemas FI 300s e FI 120s, diminuindo para valores menores em torno de 8 segundos nas fases de VI 120s VI 12s e VI 300s (Figura 13). O sujeito P4 apresenta variações semelhantes às encontradas no desempenho do sujeito P1, com medianas de pausas pós-reforço em torno de 10 segundos sob esquemas FI 12s, passando para 35 segundos sob esquemas FI 300s e 120s e diminuindo novamente para valores em torno de 8 segundos sob esquemas VI 120s e VI 12s (Figura 13). A evolução das pausas pós-reforço entre sessões e fases encontradas no experimento, com pausas maiores em esquemas de intervalo fixo maiores e muito baixas em esquemas de intervalo variável, também se assemelha aos dados encontrados na literatura de esquemas de intervalo (e. g. Catania Reynolds 1968, Ferster e Skinner, 1957 e Zeiler 1977).

Figura 13. Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos P1 e P4. Observa-se a diferença nos valores dos eixos verticais.

Também foram analisadas as razões médias de todas as sessões de todos os sujeitos. Os gráficos de razão delidos da seguinte maneira: O eixo horizontal apresenta as sessões de todas as fases, com a primeira sessão de cada fase sendo indicada por um quadrado preto. O eixo vertical apresenta a razão em respostas por minuto.

O sujeito P1 apresenta uma razão de respostas média instável sob esquema FI 12s, variando nas sessões iniciais de valores em torno de cinco respostas por minuto para trinta respostas por minuto (Figura 14). A razão de respostas continua instável na fase de FI 300s, variando em torno de vinte respostas por minuto ao longo de toda a fase. Observa-se um aumento gradual da razão de resposta ao sob esquemas FI 120s e VI 120s, chegando a quarenta respostas por minuto com a razão declinando para em torno de vinte respostas por minuto sob esquemas VI 12s e VI 300s.

Sob esquemas FI12s a a razão de resposta do sujeito P4 ficou estavel em torno de quinze respostas por minuto, com a razão se elevando a valores em torno de cinquenta respostas por minuto sob esquemas FI 300s e FI 120s (Figura 14). A razão elevou-se ainda mais sob esquemas VI 120s, estabilizando em torno de oitenta respostas por minuto, com a razão novamente diminuindo para vaores em torno de quarenta respostas por minuto sob esquema VI 12s.

O fato da razão de respostas por minuto serem tão variádas em esquemas de intervalo fixo pode se dever ao fato de que em esquemas de intervalo fixo a liberação de um reforço não depende da quantidade de respostas emitidas como em esquemas de razão. Por outro lado, em esquemas de intervalo variável a razão se mostra mais constante já que, diferentemente de esquemas de intervalo fixo, o reforço não sinaliza a disponibilidade do proximo reforço. Isso acaba gerando razões locais e gerais extremamente estaveis em esquemas de intervalo variável tais como as vistas nos dados apresentados e na literatura (e. g. Catania & Reynods, 1968 e Ferster & Skinner 1957).

Figura 14. Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos P1 e P4.

Observa-se a diferença nos valores dos eixos verticais.

Desempenho dos sujeitos P2 e P3

Na Figura 15 observam-se os registros cumulativos em estado estável (últimas sessões experimentais de todas as fases) dos sujeitos P2 e P3. Salienta-se que a Figura 15 apresenta um recorte de registro cumulativo mais ampliado se aquele encontrado na Figura 12. Essa ampliação se deu pelo fato de os registros cumulativos encontrados em esquemas de razão fixa durante o atual experimento terem gerado pausas pós-reforço relativamente baixas, principalmente se comparadas às encontradas em esquemas de intervalo fixo, as quais não seriam visíveis sem tal ampliação.

Sob esquema FI 12s, o sujeito P2 apresenta pausas pós-reforço e razões de resposta locais estáveis por todo o registro cumulativo exemplificando um padrão “*break and run*” (Figura 15). O mesmo é observado sob esquema FR 6, porém as pausas se apresentam em valores menores. Um padrão semelhante é encontrado sob esquema FR 20, porém os segmentos de resposta após reforço são de extensões maiores por se tratar de um esquema com razão maior. Ao se observar o registro cumulativo sob esquema FR 40 observa-se pausas pós-reforço maiores que aquelas encontradas sob FR 6 e FR 20 e segmentos de resposta após reforço de extensão ainda maiores. Sob todos os esquemas de razão observa-se o padrão de “*break and run*”. Sob esquema VR 40, observam-se segmentos de resposta após reforço (Itens A e B, Figura 15) com pausas de tamanhos variados (Item C, Figura 15). Sob esquema VR 6 observa-se uma queda nas pausas pós reforço e uma taxa de respostas constante ao longo de todo o registro. Sob esquema VR 20 observa-se um novo acréscimo no valor das pausas pós-reforço com a manutenção de razões de resposta estáveis ao longo de todo o registro cumulativo.

Quando submetido a esquema FI 12s o sujeito P3 apresenta pausas pós-reforço e razões de resposta locais estáveis por todo o registro cumulativo com exceção de alguns pontos (Item D, Figura 15). Sob esquema FR 7 observa-se um padrão “*break and run*” típico, com pausas pós-reforço de tamanhos muito semelhantes e razões de resposta estáveis ao longo de todo o registro. O mesmo pode ser dito sobre os registros encontrados sob esquemas FR 20 e FR 40, apesar de poderem ser observadas algumas pausas pós-reforço isoladas de tamanhos maiores (Itens E e F, Figura 15). Sob esquema VR 40, observam-se segmentos de resposta após reforço (Itens G e H, Figura 15). Sob esquema VR 7 observa-se uma queda nas pausas pós reforço e uma taxa de respostas constante ao longo de todo o registro. Sob esquema VR 20 observa-se um novo

acrécimo no valor das pausas pós-reforço e uma razão de respostas menos estável ao longo de todo o registro.

Os padrões obtidos sob esquemas de razão fixa se alinharam à descrição de um padrão “*break-and-run*” para os sujeitos P2 e P3. Tal padrão é o mesmo que o encontrado na literatura para tal esquema de reforço (Ferster & Skinner, 1957). Os esquemas de razão variável mostraram maior variação nas pausas, apesar de terem preservado razões de resposta locais. Schlinger, Derenne e Baron (2008) indicam que diversos fatores estão envolvidos na determinação do tamanho da pausa pós-reforço, sendo uma delas a quantidade de respostas necessárias para a obtenção do reforço prévio, e a quantidade de respostas necessárias para a obtenção do próximo reforço. Como em esquemas de razão variável há grandes variações na exigência de respostas, pode-se inferir que a diferença no tamanho das pausas encontradas em esquemas de VR 40 se originou por conta dessa diferença de exigências de número de respostas exigidas localmente.

Figura 15. Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos P2 e P3.

As medianas das pausas pós-reforço do sujeito P2 (Figura 16) sob esquemas FI 12s ficaram estáveis ao longo de toda a fase em valores em torno de dez segundos, com o valor das medianas recuando para em torno de seis segundos nas fases de FR 6 e FR 20. O valor das medianas das pausas pós-reforço aumentam para em torno de nove segundos sob esquemas FR 40, além de se observar, sob tal esquema, um gradual aumento nos valores dos quartis superiores (Q3) com estes valores chegando a trinta segundos. Ao serem iniciados os esquemas VR 40 o valor da mediana das pausas pós-reforço se mantém em nove segundos, e se observa uma abrupta queda no valor dos quartis superiores, com estes ficando em valores em torno de quinze segundos. Sob esquemas VR 7 e VR 20 o valor das medianas de pausa pós-reforço decresce ficando em torno de oito segundos.

Os valores das medianas e quartis obtidos pelo sujeito P3 (Figura 16) durante todas as fases do experimento se assemelham às obtidas pelo sujeito P2. Observa-se porém que os valores das medianas e dos quartis superiores (Q3) são maiores que os observados no sujeito P2, com estes valores ficando em torno quinze e trinta segundos respectivamente.

Nota-se que tanto para os sujeitos P2 e P3 as pausas se dispersaram para valores maiores com o aumento do parâmetro de razão, o que pode ser visto na diferença crescente entre os quartis inferior e superior (*Inter Quartile Range*), o que replica os dados obtidos por Ferster e Skinner (1957) e Powell (1968).

Para todos os sujeitos expostos aos esquemas de razão fixa, observou-se um aumento da pausa pós-reforço proporcional ao valor empregado em cada esquema, com pausas maiores ocorrendo sob esquema FR 40, o que replica os dados obtidos na literatura (Felton e Lyon 1966; Ferster & Skinner, 1957; Powell, 1968).

Figura 16. Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos P2 e P3. Observa-se a diferença nos valores dos eixos verticais.

A razão de resposta média por sessão do sujeito P2 (Figura 17) sob esquemas FI 12s variou de sessão para sessão em torno de uma média de trinta respostas por minuto. Sob esquema FR 6 observa-se, porém, um aumento inicial na razão de resposta média por sessão, com está chegando a sessenta respostas por minuto e então decrescendo para valores em torno de quarenta respostas por minuto nas últimas sessões sob FR 6. Sob esquema FR 20 há novo aumento na razão de resposta média por sessão, com esta chegando a valores em torno de noventa respostas por minuto. A razão de resposta média por sessão volta a cair sob esquemas FR 40 para valores em torno de cinquenta respostas por minuto. Sob esquemas de VR 40 a razão de resposta média por sessão

apresenta novo aumento, estabilizando em valores em torno de oitenta respostas por minuto. A razão de resposta média por sessão volta a cair sob esquemas VR 6 para valores em torno de quarenta respostas por minuto para voltar a aumentar, novamente, sob esquemas VR 20 estabilizando em valores em torno de sessenta respostas por minuto.

O valor da razão de resposta média por sessão do sujeito P3 sob esquema FI 12s variou ao longo das sessões em torno de trinta respostas por minuto (Figura 17). Sob esquema FR 7 a razão de resposta média por sessão chega a valores de setenta respostas por minuto e estabiliza a cinquenta respostas por minuto. Sob esquema FR 20 a razão de resposta média por sessão cresce para valores em torno de setenta respostas por minuto e decresce estabilizando em torno de quarenta respostas por minuto sob esquemas FR 40. Sob esquema VR 40 observa-se novo aumento na razão de resposta média por sessão com esta estabilizando em um valor próximo ao de noventa respostas por minuto. A razão de resposta média por sessão decresce novamente sob esquemas VR 7, estabilizando em torno de quarenta respostas por minuto, voltando a crescer sob esquemas VR 20 onde estabiliza a valores em torno de setenta respostas por minuto.

Esquemas de razão geram razões de resposta maiores que as encontradas em esquemas de intervalo (Ferster & Skinner 1957), sendo isso observado na transição entre os esquemas FI 12s e FR 6/7. As razões de respostas menores em FR 40 quando comparadas também são replicadas na literatura. Herrnstein e Morse (1958) indicam que isso se dá pelo que foi chamado de ‘dinamismo’ sob esquemas de razão fixa.

Herrnstein e Morse (1958) analisaram esquemas conjuntivos FI-FR e observaram que, nesse esquema, quanto maior o parâmetro de razão necessário para a obtenção do reforço, menor eram as razões de resposta. Isso indica uma grande

influência do parâmetro de razão sobre o comportamento dos pombos utilizados. Para Herrnstein e Morse o que foi observado no aumento do parâmetro de razão foi a diminuição do dinamismo observado nos esquemas de intervalo típicos. Em esquemas de intervalo típicos há grande variação do número de respostas de um intervalo para outro sendo isso descrito como um efeito indireto do esquema (Dews, 1970a, Skinner, 1938 e Zeiler, 1977). Se em um intervalo há poucas respostas, o reforço é de maior densidade para estas respostas, o que geraria, segundo Herrnstein e Morse, nos intervalos subsequentes, maior número de respostas. Nos intervalos subsequentes, onde haveria maior número de respostas, a densidade do reforço para estas respostas seria menor, o que geraria em um próximo intervalo uma menor emissão de respostas. Esse efeito de aumento e diminuição de razão de respostas locais (dinamismo) é responsável, segundo Herrnstein e Morse pelo fato de que esquemas que apresentam critérios de razão fixa (FR) tendem gerar uma quantidade máxima de respostas menor do que esquemas com parâmetros de razão variável (VR) ou com parâmetros de intervalo e razão iguais a um (FI e VI), o que também descreve os resultados de médias de razões de resposta maiores em esquemas VR 20 e VR 40 sobre seus análogos de razão fixa (FR 20 e FR 40). Os resultados obtidos por Herrnstein e Morse foram subsequentemente replicados e aprofundados em outras pesquisas que utilizaram esquemas conjuntivos (e.g. Zeiler & Buchman, 1979).

A diminuição de médias de razões de resposta em esquemas FR 6/7 e VR 6/7 emitidas pelos sujeitos P2 e P3 (Figura 17) quando comparados aos outros esquemas de razão estudados replica os dados da literatura no que se refere às razões de resposta mais baixas em esquema ricos em reforço com aqueles relativamente mais pobres (Baum, 1981). Isso pode ser atribuído ao fato de que, em esquemas de reforço mais ricos uma grande parte da sessão experimental é tomada pelas respostas de consumação

do animal, o que diminui o valor das médias de razões de resposta (Baum, 1993). Por outro lado, vale salientar que as médias de razões de resposta em esquemas VR 6/7 também foram maiores do que as apresentadas em seus análogos de razão fixa (FR 6/7), o que também se coforma aos dados apresentados por Herrnstein e Morse (1958) e Zeiler e Buchman (1979).

Figura 17. Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos P2 e P3.

Desempenho dos sujeitos R1 e R4

Observa-se na Figura 18 trechos de registro cumulativo das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos R1 e R4. Sob esquema FI 12s o sujeito R1 apresenta um padrão semelhante ao "*break and run*". Observa-se, porém, pausas pós-reforço relativamente longas que geram um padrão irregular de pausas ao longo de todo o registro. (Item A, Figura 18). Sob esquemas FR 4 observa-se um padrão também de tipo "*break and run*", dessa vez com extrema regularidade entre pausas pós-reforço e razões locais, com exceção de uma pausa extensa (Item B, Figura 18). O registro cumulativo sob esquema FR 20 também segue apresentando um padrão "*break and run*" com pausas maiores que as observadas sob FR 4 e razões locais estáveis, gerando um padrão regular com exceção de uma pausa mais extensa (Item C, Figura 18). O mesmo é novamente observado sob esquema FR 40, com pausas pós-reforço ainda mais longas e razões de resposta locais altas e com rápida aceleração configurando, novamente, um padrão "*break and run*". Sob esquema FR 40 observa-se a maior pausa pós-reforço de todos os registros cumulativos obtidos pelo sujeito R1 (Item D, Figura 18). Após a mudança para esquema VR 40 observa-se uma diminuição na duração das pausas e razões de resposta locais semelhantes às encontradas sob esquema FR 40. Sob esquemas VR 4 observa-se uma razão de respostas constante ao longo de todo o registro com pequenas pausas ocorrendo após cada liberação de reforço, o que se mantém sob esquemas VR 20.

O sujeito R4 apresenta um padrão de "*break and run*" tanto sob esquemas FI 12s quanto sob esquemas FR 5, FR 20 e FR 40, não sendo observadas pausas pós reforço grandes ao longo dos trechos de registro cumulativo apresentados. Observa-se um crescimento constante no tamanho das pausas pós-reforço encontradas entre os

esquemas FR5, FR 20 e FR 40. Sob esquemas VR 40 observa-se trechos maiores de resposta constantes devido aos valores exigidos no parâmetro e razão de tais esquemas (Itens E e F, Figura 18), e pausas pós reforço menores que aquelas observadas sob esquemas FR 40. Sob esquemas VR 40, VR 5 e VR 20 observa-se uma razão de respostas constante ao longo de todo o registro com pequenas pausas ocorrendo após a liberação de reforço, sendo as pausas sob VR 40 maiores que aquelas sob VR 5 e VR 20, enquanto se observa-se, novamente, que as razões de resposta sob esquemas de razão variável VR 4 e VR 5 são menores do que as razões encontradas sob VR 20 e VR 40.

O padrão "*break and run*" observado tanto nos registros cumulativos do sujeito R1 quanto do sujeito R4 sob esquemas FI 12s é o esquema tipicamente encontrado sob esquemas de intervalo com parâmetros baixos de intervalo, o que replica a literatura de esquemas de intervalo (e. g. Ferster & Skinner, 1957; Schneider, 1969).

Tal como apontado na revisão de Schlinger, Derenne e Baron (2008), pausas pós-reforço em esquemas de razão tendem a aumentar de acordo com o aumento do parâmetro de razão de tais esquemas, o que é visível nos registros cumulativos dos sujeitos R1 e R4 sob esquemas de razão fixa na Figura 18.

A subsequente diminuição das pausas pós-reforço e manutenção ou aumento nas razões de respostas locais também replicam os resultados da literatura em se tratando de esquemas de razão variável (e. g. Ferster & Skinner, 1957, Zeiler, 1977) e se alinham aos dados apresentados por Herrnstein e Morse (1958) e Zeiler e Buchamen (1979).

Figura 18. Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos R1 e R4.

As medianas das pausas pós-reforço do sujeito R1 (Figura 19) sob esquemas FI 12s ficaram estáveis ao longo de toda a fase em valores em torno de dez segundos. Sob esquema FR 4 o valor das medianas das pausas pós-reforço fica estável a um valor quase nulo. Isso se deu pelo fato de que o algoritmo do programa que calcula as pausas pós-reforço analisa o intervalo temporal entre a primeira resposta entre um reforçador e a próxima resposta, o que define a pausa pós reforço. O que se observa nos casos em que há pausas muito próximas a valores nulos é o intervalo entre o reforçador e a primeira resposta após a liberação do reforçador. Sob esquemas FR 20 e há um aumento abrupto nas medianas das pausas pós-reforço com estas chegando a valores em torno de quinze segundos, valor este que aumenta ainda mais sob esquemas FR 40 sob o qual as medianas das pausas pós-reforço atingem valores próximos ao de sessenta segundos para então decrescerem e atingirem valores em torno de dezoito segundos sob esquema VR 40. Sob esquemas VR 4 e VR 20 observa-se valores ainda menores de medianas das pausas pós-reforço, com estes ficando em torno dos oito segundos.

Sob esquema FI 12s o sujeito R4 apresenta medianas das pausas pós-reforço com valores próximos aos nulos, o que se repete sob esquemas FR 5 (Figura 19). Apenas ao fim da fase sob esquemas FR 20 observa-se um aumento na mediana e nos quartis superiores das medianas das pausas pós-reforço. As medianas das pausas pós-reforço se estabilizam em torno de quinze segundos sob esquemas FR 40 e VR 40, diminuindo novamente para valores em torno de seis segundos sob esquema VR 5. Sob esquema VR 20 observa-se novamente pequeno aumento nas medianas das pausas pós-reforço com os valores estabilizando em torno de oito segundos.

Tanto nos registros cumulativos de esquemas de reforço de razão variável (Figura 18) quanto nas medianas e quartis relacionados às pausas pós-reforço sob esquemas de razão variável (Figura 19) dos sujeitos R1 e R4 são observadas pausas pós-

reforço mais extensas do que aquelas vistas em Ferster e Skinner (1957). Em sua revisão de pausas pós-reforço Schlinger, Derenne e Baron (2008) indicam que outros estudos também obtiveram pausas pós reforço mais altas em esquemas de razão variável que aquelas observadas por e Skinner (1957) nestes mesmos esquemas. Schlinger, Derenne e Baron indicam que uma possível variável é a utilização de valores de razão iguais a '1' nas listas que controlavam os valores de razão nos experimentos conduzidos por Ferster e Skinner. O uso de valores iguais a '1' em esquemas de razão variável é responsável, segundo Schlinger, Derenne e Baron pela diminuição das pausas em esquemas de razão variável. Isso se dá por tal valor alterar a relação de controle de estímulos observada em esquemas de razão fixa, no qual a apresentação de um reforço após a emissão de um número fixo de respostas tem uma função semelhante a um SΔ (estímulo na presença do qual nenhuma resposta é reforçada).

Apesar de terem sido utilizadas listas com que contavam com valores igual a '1', também foram observadas pausas em esquemas de razão variável, principalmente sob esquemas VR 40 (e. g. Item G, Figura 18). Se, por um lado as listas eram semelhantes, a história prévia dos animais que passaram por esquemas de razão foi sob esquemas de razão fixa, o que pode ter gerado um treino extenso em relação ao efeito de SΔ dos reforços também sob esquemas de razão variável mantendo algumas das pausas também sob esquemas VR 40. Uma outra diferença entre a história previa que pode ajudar a elucidar as diferenças nas pausas pós-reforço obtidas pelo presente estudo daquelas obtidas por Ferster e Skinner (1957) reside no fato de que estes pesquisadores expuseram seus pombos a esquemas de intervalo variável antes de submetê-los aos esquemas de razão variável. Esquemas de intervalo variável geram pausas pós-reforço extremamente baixas, o que também foi observado no comportamento de todos os

sujeitos expostos aos esquemas de intervalo variável do presente estudo (Figura 13 e Figura 22).

Apesar das pausas observadas sob esquemas de razão fixa terem sido maiores em valores mais altos para o sujeito R4, replicando Felton e Lyon (1966) e Powell (1968), o desempenho sob esquemas de razão não replicou o que é observado na literatura quando se comparam os dados entre esquemas de razão fixa e variável. O Sujeito R4 apresentou medianas das pausas pós-reforço maiores sob esquemas de razão variável do que aquelas obtidas sob esquemas de razão fixa. Como somente sob esquemas de razão FR 20 houve aumento das medianas das pausas pós-reforço, infere-se que o padrão de razão de respostas locais altas, que geraram registros de pausas pós-resposta quase nulas, se degradou apenas sob esquemas de razão fixa mais altos, replicando os achados de (Felton & Lyon 1966), porém isso não esclarece o motivo pelo qual há a manutenção de altos valores das medianas das pausas pós-reforço sob esquemas de razão variável emitidas pelo sujeito R4.

Figura 19. Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos R1 e R4. Observa-se a diferença nos valores dos eixos verticais.

A razão de resposta média por sessão do sujeito R1 (Figura 20) sob esquemas FI 12s se estabilizou em torno de dezesseis repostas por minuto, subindo para valores em torno de cinquenta repostas por minuto antes de estabilizar a cerca de trinta repostas por minuto sob esquema FR 4. Sob esquema FR 20 a razão de resposta média estabiliza a cerca de trinta e cinco repostas por minuto para decrescer e estabilizar a cerca de trinta repostas sob esquema FR 40. Após o esquema ser alterado para VR 40 observa-se novo crescimento na razão de resposta média com esta estabilizando a cerca de cinquenta e cinco repostas por minuto, decrescendo novamente para cerca de trinta repostas por minuto sob esquema VR 4. Sob esquema VR 20 observa-se novo crescimento da razão de resposta média, com esta estabilizando a cerca de cinquenta e cinco repostas por minuto.

Sob esquema FI 12s a razão de resposta média por sessão do sujeito R4 variou entre vinte e trinta respostas enquanto se estabilizou em torno de vinte respostas por minuto sob esquema FR 5 (Figura 20). Sob esquema FR 20 a razão de resposta média por sessão estabilizou em torno de cinquenta e cinco respostas por minuto, mesmo valor encontrado sob esquema FR 40. Sob esquema VR 40 observa-se uma queda, com a razão de resposta média por sessão estabilizando em torno de trinta respostas por minuto, mesmo valor encontrado sob esquema VR 5. A razão de resposta média por sessão sobe novamente sob esquema VR 20 na qual estabiliza em torno de cinquenta e cinco respostas por minuto novamente.

Os dados obtidos com o sujeito R1 replicam de maneira geral os achados na literatura em relação à razão de resposta de uma sessão que tende a cair de acordo com o aumento do parâmetro de razão em esquemas de razão fixa (e. g. Ferster & Skinner, 1957; Felton & Lyon, 1966; Powell, 1968), enquanto apresenta razões e resposta geralmente maiores ob esquemas de razão variável do que aqueles encontrados em esquemas de razão fixa análogos (Ferster & Skinner, 1957), o que se conforma a interpretação feita por Herrnstein e Morse (1958). Já os dados obtidos pelo sujeito R4 são discrepantes em relação a literatura de esquemas de reforço em diversos pontos. Esquemas de intervalo geram razões menores que os esquemas de razão, por esquemas de razão permitirem ao organismo aumentarem a quantidade de reforço por tempo de acordo com seu comportamento (quanto maior a emissão de respostas, maior é a razão de reforço), o que não ocorre em esquemas de intervalo, o que não ocorre quando se comparam as razões do sujeito R4 sob esquemas FI 12s e FR 5. Durante esquema FR 20 e FR 40 observa-se uma razão maior de respostas por sessão do que aquela observada sob FR 5. Isso se deu pela menor quantidade de tempo gasto nas respostas de consumação emitidas durante a sessão relativa ao tempo total da sessão o que está de

acordo com a interpretação de Baum (1993) sobre o efeito de esquemas ricos em reforços sobre a razão de respostas observada durante uma sessão em comparação com a de esquemas mais pobres em reforços. Isso não descreve, porém, o motivo pelo qual se observa uma razão de respostas menor sob esquemas VR 40 quando comparado ao esquema FR 40.

Figura 20. Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos R1 e R4.

Desempenho dos sujeitos R2 e R3

Sob esquema FI 12s o registro cumulativo obtido pelo sujeito R2 mostra um padrão estável com pequenas pausas pós-reforço e altas razões de resposta locais

(Figura 21). Ao se passar para esquema FI 300s observa-se uma grande mudança no padrão de respostas com este se assemelhando a um padrão de "*scallop*" no qual há uma pausa longa após a liberação de um reforço e uma gradual aceleração na razão de repostas local. Sob esquema FI 120s observa-se nova mudança no comportamento, com o padrão mudando para um padrão de "*break and run*", com pausas delimitadas e súbita aceleração na razão de respostas local. Após a passagem para VI 120s encontra-se nova diferenciação no padrão, com pausas delimitadas deixando de existir. Sob esquema VI 12s observa-se grande estabilidade na razão de respostas sem pausas delimitadas e alta razão de respostas local. O mesmo é observado sob esquema VI 300s, porém observa-se uma redução na razão de resposta durante toda a sessão.

O sujeito R3 emite um padrão de respostas constante sob FI 12s sem pausas longas e delimitadas. Sob esquema FI 300s observa-se uma mudança grande no padrão, com o aparecimento de longas pausas (Item A Figura 21), estas variando em tamanho relativo. Observa-se sob esquema FI 300s o aparecimento de razões de resposta locais variadas, algumas relativamente altas (Item B, Figura 21) e outras mais baixas (Item A Figura 21). Tal alternância entre pausas pós-reforço altas e baixas e razões locais altas e baixas gera um padrão "*break and run*" inconstante. Sob esquema FI 120s a inconstância observada sob esquema FI 300s diminui, formando-se um padrão mais estável de "*break and run*", com pausas e razões de resposta locais mais constantes. Sob esquema VI 120s observa-se nova queda nas pausas pós-reforço e uma razão de respostas constante ao longo de todo o registro, o que também se observa sob esquemas VI 12s. Sob esquema VI 300s observam-se pequenas pausas pós reforço, porém há maior variação nas razões de resposta locais (Item C, Figura 21).

Ferster e Skinner apresentam o padrão de "*scallop*" como aquele que emerge em esquemas de intervalo fixo, tal como o obtido pelo sujeito R2 sob esquema FI 300s.

Outros autores, porém, indicam que o padrão de "*break and run*" também pode ser observado sob esquemas de intervalo fixo, tais como os obtidos pelo sujeito R2 sob esquemas FI 120s e pelo sujeito R3 sob esquema FI 300s e 120s.

Como apontado por Schneider (1969) a longa exposição de sujeitos a esquemas de intervalo fixo tende a gerar padrões "*break and run*" sob esquemas de intervalo fixo, o que também foi replicado por Baron e Leinenweber (1994) Cumming e Schoenfeld (1958) Duckich e Lee (1973). Além da longa exposição aos esquemas de intervalo fixo há também outras variáveis que podem estar relacionadas com o aparecimento de um ou de outro padrão sob esquemas de intervalo. Staddon (1972) indica que o tipo de espécie de animal utilizado pode ser uma variável crítica, indicando que a duração das pausas pós-reforço de pombos tendem a ser menores que aquelas obtidas com ratos, o que é corroborado pelos dados obtidos no presente estudo. Por outro lado, Dews (1970a) indica que diferença entre espécies pode não estar relacionada às espécies em si e que outras variáveis específicas de cada experimento devem ser sempre levadas em conta, tal como o tipo de operando utilizado e a resposta selecionada para operá-lo.

Em suma, o tamanho das pausas pós-reforço e a transição abrupta ou lenta para uma razão de respostas locais alta ao fim de um intervalo, o que geraria respectivamente padrões de '*break and run*' e '*scallop*', parecem ser resultantes de uma combinação diversos fatores: (1) Quanto maior o tempo de exposição aos esquemas, maior o tamanho relativo pausas pós-reforço em relação ao intervalo e mais o padrão final se assemelha ao de '*break and run*', enquanto que se a exposição for curta o padrão resultante se assemelha mais ao '*scallop*', (2) o padrão resultante final parece ser mais inclinado a se conformar ao de '*break and run*' quanto menor for o parâmetro temporal do esquema, por outro lado, quanto maior o parâmetro utilizado, maior a probabilidade de o padrão resultante se conformar ao '*scallop*' e, por fim, (3) uma série de fatores

idiossincráticos a cada experimento, tal como tipo de espécie animal e manipulando utilizado também podem ter influência sobre o padrão resultante sob esquemas FI, com o atual experimento obtendo sucesso em reproduzir ambos os padrões de acordo com as variáveis acima elencadas.

Os padrões obtidos sob esquemas de intervalo variável com os sujeitos R2 e R3 também se adéquam à literatura de esquemas de intervalo variável (e. g. Catania & Reynolds, Ferster e Skinner, 1957).

Figura 21. Registros cumulativos de trechos das últimas sessões de todas as fases dos sujeitos R2 e R3.

Na Figura 22 podem-se observar os quartis inferiores e superiores e as medianas de todas as pausas pós-reforço em todas as sessões de todas as fases de treino para os sujeitos R2 e R3. Sob esquema FI 12s o sujeito R2 apresenta medianas das pausas pós-reforço em torno de 10 segundos de duração. Ao ser submetido a esquema FI 300s observa-se um gradual aumento nas medianas das pausas pós-reforço com estas estabilizando em torno de 150 segundos. Observa-se também grande variação nos quartis das pausas pós reforço sob esquema FI 300s. Já sob esquema FI 120s observa-se uma abrupta queda nas medianas das pausas pós-reforço, com estas estabilizando em torno de setenta e cinco segundos. Sob esquema VI 120s observa-se abrupta queda com as medianas das pausas pós-reforço caindo a valores em torno de treze segundos, com subsequente diminuição para valores ainda menores, em torno de sete segundos sob esquemas VI 12s. Já sob esquema VI 300s observa-se um pequeno aumento nas medianas das pausas pós-reforço com estas estabilizando em torno de vinte segundos.

O sujeito R3 obteve uma variação nas medianas das pausas pós-reforço semelhante ao sujeito R2, com os valores estabilizando em torno de dez segundos sob esquemas FI 12s (Figura 22). Sob esquema FI 300s observa-se aumento constante nas medianas das pausas pós-reforço com estas estabilizando em torno de cento e vinte segundos e uma grande variação nos quartis das pausas pós-reforço. Já sob esquema FI 120s observa-se uma queda nas medianas das pausas pós-reforço cem segundos. Ao se passar para esquema VI 120s observa-se abrupta queda nas medianas das pausas pós-reforço com estas estabilizando em torno de dez segundos, caindo ainda mais para cerca de cinco segundos sob esquema VI 12s. Já sob esquema VI 300s observa-se um novo aumento nas medianas das pausas pós-reforço com estas estabilizando em torno de vinte e cinco segundos.

O aumento nas medianas das pausas pós-reforço e dispersão dos quartis sob esquemas de FI 300s replicam os dados encontrados acerca de pausas por reforço na literatura de esquemas de intervalo fixo (e. g. Ferster & Skinner, 1957). A diminuição das pausas pós-reforço sob esquemas de intervalo variável também replicam os dados encontrados na literatura acerca desses esquemas (e. g. Catania & Reynolds, 1968, Ferster & Skinner, 1957).

Figura 22. Mediana, quartis inferior e superior (Q1 e Q3) das pausas pós-reforço em milissegundos de todas as sessões dos sujeitos R2 e R3. Observa-se a diferença nos valores dos eixos verticais.

A razão de respostas do sujeito R2 sob esquema FI 12s (Figura 23) variou em torno de quinze respostas por minuto caindo para em torno de quatro respostas por minuto sob esquemas FI 300s. Já sob esquema FI 120s a razão de respostas chega novamente a cerca de quinze respostas por segundo, caindo sob VI 120s para em torno de dez respostas por minuto. Com a passagem para esquema VI 12s há novo aumento na razão de respostas com essa estabilizando a cerca de quinze respostas por minuto, enquanto cai novamente sob esquema VI 300s, na qual se estabiliza a cerca de cinco respostas por minuto.

Sob esquema FI 12s o sujeito R3 apresentou uma razão de respostas em torno de quinze respostas por minuto, com a razão diminuindo para cerca de três respostas por minuto sob esquema FI 300s. Sob esquema FI 120s observa-se leve crescimento na razão de resposta com a mesma estabilizando em torno de sete respostas por minuto. Já sob esquema VI 120s, observa-se aumento na razão de resposta com essa estabilizando a cerca de doze respostas por minuto. Sob esquema FI 12s já se observa um aumento constante na razão de respostas com essa estabilizando a cerca de vinte e cinco respostas por minuto. Por fim, sob esquema VI 300s observa-se abrupta queda na razão de resposta com essa estabilizando a cerca de oito respostas por minuto.

Quando são comparados os registros cumulativos de resposta dos sujeitos R2 e R3 (Figura 21) e as razões médias por sessão emitidas pelos sujeitos sob esquema VI 12s (Figura 23), observa-se que a razão de resposta é maior sob este esquema do que sob esquemas VI 120s e VI 300s. Como descrito por Baum (1981) as razões de resposta em esquemas ricos em reforços tende a diminuir a razão de respostas observadas durante uma sessão experimental, por conta do tempo gasto nas respostas de consumação, que é alto em esquemas de baixo parâmetro de razão. Essa diminuição de razão de respostas, porém, só ocorre em esquemas com parâmetros de razão (e

presumivelmente de intervalo) extremamente baixos (parâmetro de razão entre 1 e 4) tal como apresentado por Baum (1993). Caso o parâmetro de razão (e presumivelmente o de intervalo) seja aumentado, a razão de respostas tende a aumentar até cair novamente após um determinado limite. O limite no qual se observa nova queda na razão de respostas é a partir de um parâmetro de razão na casa das centenas, já sendo observado em torno de um valor igual a 128 (Baum, 1993). Observa-se portanto um padrão no qual a razão de respostas é baixa em esquemas de alta razão de reforço, alta em esquemas de média razão de reforço e novamente mais baixa em esquemas de densidade de reforço muito baixas.

Ao se observar a razão de respostas sob esquema VI 12s pode-se presumir que tal esquema está dentro de uma extensão média de razão de reforço, enquanto que os esquemas VI 120s e VI 300s já poderiam ser considerados esquemas de razão de reforço mais baixos gerando razões de resposta baixas como as geradas. Apesar de o parâmetro de intervalo de 12s ser baixo, Allison (1980) encontrou diferenças nas razões de resposta entre intervalos VI 14s e VI 7s, indicando que uma variação de parâmetro de intervalo para valores mais baixos que 12s poderia subsidiar a interpretação dos dados de razão de resposta sob esquemas de intervalo obtidos com os sujeitos R2 e R3.

Figura 23. Razão de respostas por minuto em todas as sessões dos sujeitos R1 e R4.

Desempenho do Equipamento

Durante o treino dos animais o equipamento foi constantemente avaliado em seus aspectos mecânicos, eletrônicos e de programação. Modificações foram introduzidas de acordo com o que foi observado.

Quanto aos aspectos mecânicos do equipamento falhas de projeto foram observadas e corrigidas. A barra utilizada no treino dos ratos mostrou-se instalada a uma altura inadequada estando essa instalada a uma altura muito elevada. Isso dificultou a emissão da típica topografia de pressão à barra, na qual o rato coloca as duas patas sobre a barra e a pressiona para baixo. Observou-se que para os animais que iniciaram a segunda fase em esquemas de razão, a resposta que havia sido instalada com uma

topografia de pressão das duas patas sobre a barra deu espaço para uma resposta de morder a barra e, em seguida, pressioná-la com a mordida para baixo. Como tal topografia pode não ser a topografia mais adequada para gerar altas razões de resposta, optou-se por ajustar a altura da barra, alterando-se assim o seu desenho. Após a instalação de uma nova barra, a topografia voltou a ser primariamente a de pressão com duas patas, porém em algumas ocasiões ainda se observou a resposta de morder. Ao longo das sessões de treino, a proteção de alumínio da barra sofreu desgaste proporcionado pelas eventuais mordidas dos ratos, o que sugere que em versões futuras se devam utilizar proteções confeccionadas em materiais mais resistentes tal como aço inox. Não se observaram problemas mecânicos na câmara dos pombos.

Os componentes eletrônicos do equipamento (a interface, servos-motores, contatos, micro-switches, etc.) apresentaram desempenho extremamente satisfatório não sendo observadas falhas em nenhum componente mesmo após um alto número de horas ativas de uso (estima-se que cada caixa ficou ativa por cerca de trezentas horas).

Em se tratando de aspectos relativos à programação também foram encontradas falhas. No registro do tempo de um evento, seja este uma resposta ou uma liberação de reforço, observou-se que o programa que controlava os esquemas estava registrando o tempo com uma distorção temporal alterando o tempo registrado para um valor menor em relação ao tempo real transcorrido entre o começo da sessão e o evento em questão. Tal erro de registro só foi descoberto na segunda fase dos sujeitos submetido a esquemas de intervalo, pelo fato de que uma alteração temporal em um esquema de intervalo fixo de 300 segundos é, em absoluto, maior do que uma alteração em um esquema de intervalo fixo de 12 segundos. Diante disso o autor testou o equipamento sobre várias condições, variando o sistema operacional do computador, a memória do computador utilizado, a quantidade de eventos gerados até um intervalo pré-determinado ter decorrido e a

quantidade de tempo até o primeiro evento numa sessão ser registrado. Isso foi feito pois não se sabia o efeito de cada uma dessas variáveis isoladamente sobre o desempenho do equipamento. Após tais testes terem sido realizados, observou-se que o tempo era encurtado em uma porcentagem constante. Determinou-se então uma nova constante com a qual poderia se multiplicar o tempo dos registros obtidos até então para que se pudesse reaproveitar tais registros. Os registros da variável de tempo obtidos até então foram multiplicados pela constante '1,092', corrigindo-se então tal erro.

No registro do número de eventos observou-se também um erro. Quando a razão de respostas era muito alta e um evento de pressão à barra ou bicada à chave era efetuada quase que simultaneamente com a liberação de um reforço, o programa por vezes repetia o registro do último evento de pressão à barra ou bicada à chave, duplicando-o. Tal erro de registro foi percebido apenas na segunda fase do treino dos animais submetidos a esquemas de razão, pelo fato de que a primeira fase aos quais esses sujeitos foram submetidos (FI 12s) não preestabelecia um número fixo de respostas, o que não foi o caso na segunda fase a qual esses sujeitos foram submetidos (FR 4/5/6/7). Tal erro foi mais frequente em esquemas de razão com parâmetros baixos, já que nestes a densidade de reforço é maior. Mesmo assim, o número de duplicações de eventos de pressão à barra ou bicada à chave em tais esquemas de alta razão de reforço foi baixo. Em uma sessão representativa de FR4 encontrou-se um erro de aproximadamente 0,6% de duplicação de registros, não alterando de forma significativa o registro das sessões. Em esquemas de razão de densidade de reforço menor (FR40, VR40) o índice de erro foi mais baixo, ficando em torno de 0,1% e uma sessão representativa de FR40.

Como foram encontrados erros em dois parâmetros (número de eventos e tempo de ocorrência de um evento) dos três parâmetros registrados (número de eventos, tempo

de ocorrência de um evento e tipo de evento registrado), optou-se por aperfeiçoar o algoritmo de registro do programa, com uma versão melhorada do programa de controle de esquemas sendo utilizada a partir do meio da segunda fase de treino dos oito sujeitos até o final da coleta. O erro de distorção temporal foi corrigido com sucesso com a alteração do algoritmo de registro, por outro lado, o erro de duplicação de registro não foi corrigido com sucesso na alteração de algoritmo de registro descrito acima, sendo necessária uma nova alteração em versões futuras do programa. Vale mencionar que os erros encontrados afetaram apenas o registro dos eventos e não o controle dos eventos envolvidos nas contingências dos esquemas.

Como só se utilizou apenas uma câmara por tipo de espécie de animal, ambas as câmaras foram amplamente utilizadas durante os meses de coleta. Apesar de um alto número de horas de uso ter sido acumulado, poucas falhas foram encontradas. Isso indica uma grande estabilidade do sistema como um todo, tendo em vista que se tratam dos primeiros protótipos de tal tipo. As falhas de projeto em se tratando do *hardware* (altura da barra utilizada na caixa dos ratos) foram facilmente reparadas, sendo mudanças pontuais facilmente instaladas nas caixas. A escolha por se utilizar servomotores se mostrou acertada, tendo em vista que estes motores trabalharam sem apresentar qualquer tipo de falha, além de serem facilmente substituídos e com baixo preço de aquisição.

No que tange o *software* do equipamento, o desenvolvimento do PGER foi de difícil execução. Por se tratar de uma primeira tentativa na produção de um equipamento desse tipo, foi necessário construir um programa que pudesse interagir com sucesso com a interface escolhida. Isso incluía um protocolo de comunicação entre o computador e a interface além de um padrão de registro de dados. Apesar de ter-se obtido dois erros, (1) no registro do tempo e (2) na contagem de respostas, obteve-se

sucesso na eliminação do primeiro erro, enquanto que o segundo erro foi deu-se numa escala suficientemente reduzida para não apresentar ameaça a fidedignidade dos dados coletados.

A ferramenta de desenvolvimento de *software* utilizada para se produzir os programas utilizados (Delphi 7 ®) mostrou-se eficaz em gerar arquivos executáveis de fácil utilização. Por outro lado, após a geração do programa que controlava os esquemas (PGER), também foi necessário que se produzissem outros programas que pudessem analisar os dados brutos obtidos durante uma sessão para que se pudesse obter os registros cumulativos e todas as pausas pós reforço das sessões. Nesse quesito, a ferramenta utilizada mostrou-se menos prática em seu uso do que outras ferramentas comumente utilizadas para produção de programas responsáveis por análise de dados tais como MATLAB ®, R® ou Octave ®. Apesar de menos prática para análises de dados, também foram produzidos em Delphi 7® programas que auxiliaram na análise dos dados obtidos. Um destes programas produziu os dados de pausas pós-reforço que foram então analisadas em termos de medianas e quartis inferiores e superiores. Um segundo programa gerou as curvas de registro cumulativo, apresentados também na seção de resultados, com uma resolução temporal de 1 s, a qual poderia ser mais baixa, até 100 ms, o que se julgou desnecessário tendo em vista a razão de respostas dos sujeitos.

Por fim, pode se concluir que o equipamento aqui apresentado cumpre os requisitos para um equipamento funcional para uso em pesquisas comportamentais com sujeitos não humanos. Deve se manter em perspectiva, porém, que as falhas encontrados no desenho de *hardware* e desenvolvimento de *software* devem ser melhorados em versões futuras.

Considerações Finais

Tal como previamente apresentado, observa-se que uma grande quantidade de equipamentos, de variados tipos, foi construída para resolver uma ampla gama de problemas relacionados ao controle de variáveis independentes, registro de variáveis dependentes e redução de custo. Tendo em vista que esses problemas podem dificultar, ou até impedir o avanço das pesquisas científicas, observa-se que a possibilidade de se construir um equipamento alternativo é de grande valia para um pesquisador.

Seguindo um trajeto semelhante ao de outros cientistas, como, por exemplo, como Galileu Galilei, Skinner (1938) apresentou um amplo trabalho científico baseado em dados obtidos por equipamentos produzidos por ele mesmo. A capacidade de Skinner de produzir seu próprio equipamento foi reconhecida por ele (Skinner, 1954) e por outros autores (Bjork, 1993; Dews, 1970b; Catania, 2002; Ferster, 1970; Gollub, 2002) como uma habilidade de grande importância para as suas contribuições científicas.

Caso um pesquisador tenha a habilidade de construir seu próprio equipamento, este poderá desenvolver equipamentos que o permitam maior controle de variáveis relevantes e/ou redução do custo de aquisição e manutenção de seu laboratório.

É necessário, porém, ponderar o investimento nas habilidades deste pesquisador em comparação com o investimento necessário na compra de um equipamento comercial. Se, por um lado, criar seus próprios equipamentos pode trazer as vantagens supracitadas, isso somente será possível após o pesquisador ter adquirido custosas habilidades na construção de *hardware* (desenho de projeto, habilidades manuais de manufatura, soldagem, conhecimentos básicos de eletrônica etc.) e desenvolvimento de *software* (habilidade de desenvolver algoritmos e escrevê-los com auxílio de um ambiente de desenvolvimento). A compra de um equipamento comercial, por outro

lado, tira a necessidade de que o pesquisador tenha habilidades na construção de *hardware*, porém, não o exime da necessidade de ter habilidades de programação, ao menos em relação a alguns dos equipamentos comerciais atualmente em uso.

Outro fator importante a ser considerado na escolha entre construção de um equipamento alternativo próprio e compra de um equipamento comercial é o investimento inicial e o retorno em longo prazo em ambos os casos. Por um lado, o investimento inicial em um equipamento alternativo é alto por envolver os custos relacionados a materiais, manufatura, desenvolvimento das habilidades do pesquisador para construir e programar e tempo de desenvolvimento do projeto. Além do custo inicial alto, o investimento em equipamento alternativo é de alto risco por se tratar de um equipamento não validado. Por outro lado, o investimento em um equipamento alternativo pode se reverter, em longo prazo, em maior economia de custo de manutenção, maior agilidade em se recuperar peças e componentes danificados, além da possibilidade de contínuo refinamento do equipamento em termos de controle de variáveis, tornando-o possivelmente mais adequado para novas pesquisas que um equipamento comercial padrão.

Comparações diretas entre o equipamento aqui apresentado e equipamentos disponíveis em mercado são difíceis de serem realizadas de forma simétrica. Se, por um lado, pode-se adquirir um equipamento comercial no mercado, observa-se que equipamentos comercialmente disponíveis requerem que se utilize *hardware* e *software* de um mesmo fornecedor, aumentando em muito o custo do equipamento. Por outro lado, o *hardware* aqui descrito pode ser utilizado com qualquer *software* que consiga se comunicar eficazmente com a interface aqui utilizada, porém, deve-se criar o *software* do zero, o que apresenta vantagens e desvantagens se comparado com um *software* comercialmente disponível. O desenvolvimento de um novo *software* pode ser visto

como uma oportunidade para que se desenhe um *software* específico que permita a manipulação de variáveis específicas para resolver questões específicas; por outro lado, o desenvolvimento de um novo *software* sempre apresenta entraves dificilmente previstos, o que também pode gerar um custo alto de desenvolvimento a depender da ferramenta de desenvolvimento utilizada, profissional contratado para o desenvolvimento e complexidade do programa em questão.

O equipamento apresentado no presente estudo tem um custo final de aquisição relativamente baixo se comparado com o custo de aquisição de um equipamento comercialmente disponível (U\$1270 de custo para os protótipos das câmara, manipulandos comedouro e bebedouro descritos no Capítulo 1), porém houve um investimento de tempo considerável, em torno de 500 horas de trabalho para o desenvolvimento de *hardware* (desenho do projeto e manufatura), 200 horas de trabalho para o desenvolvimento de *software*, além de 300 horas de testes para cada câmara, além de um custo financeiro de cerca de U\$1000 para o desenvolvimento de versões anteriores que ainda não eram funcionais mas que representaram estágios de desenvolvimento importantes ate que se aperfeiçoasse os desenhos resultantes nos equipamentos descritos no Capítulo 1.

Apesar de o investimento inicial, projeções para o uso futuro das câmaras apresentadas no presente estudo representam um quadro satisfatório, tendo-se em vista que as câmaras poderão ser reutilizadas e mantidas com baixíssimo custo por conta do tipo de materiais e componentes das quais estas são feitas. O único grande investimento futuro é representado apenas pelo desenvolvimento de novo *software*, caso se queira realizar experimentos não diretamente relacionados a esquemas de reforço simples.

Em suma, o atual estudo indica as vantagens e desvantagens em relação ao desenvolvimento de equipamento alternativo quando comparado à aquisição de

equipamentos comercialmente disponíveis. Sugere-se que uma escolha entre essas duas alternativas baseadas em seu investimento inicial e retorno em longo prazo levando em conta idiosincrasias relacionadas ao desenvolvimento e uso de *hardware* e *software* e ao objetivo ao qual o equipamento deve se prestar.

Referências

- Allison, J. (1980). Conservation, matching, and the variable-interval schedule. *Animal Learning & Behavior*, 8, 185-192.
- Ames, L. L. (1967). A liquid-food, limited access feeder for fish. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 10, 435-437.
- Baron, A., & Leinenweber, A. (1994). Molecular and molar aspects of fixed-interval performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 61, 11-18.
- Baum, W. M. (1981). Optimization and the matching law as accounts of instrumental behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 36, 387-403.
- Baum, W. M. (1993). Performance on ratio and interval schedules of reinforcement: data and theory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59, 245-264.
- Bjork, D. W. (1993). *B. F. Skinner: A life*. New York: Basic Books.
- Canto, R., Bufalari, I., & D'Ausilio, A. (2011). A convenient and accurate parallel Input/Output USB device for E-Prime. *Behavior Research Methods*, 43, 292–296.
- Catania, A. C. (2002). The watershed years of 1958-1962 in the Harvard Pigeon Lab. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77, 327-345.
- Catania, A. C., & Reynolds, G. S. (1968). A quantitative analysis of the behavior maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 327–383.
- Costa, C. E. (2006). Progression [software]. disponível em <http://www.caecosta.com.br/progression.html>

- Crowder, W. F., Wilkes W. P. & Huneycutt, B. D. (1964). A compact, easily onstructed water dipper for rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 322.
- Cumming, W. W., & Schoenfeld, W. N. (1958). Behavior under extended exposure to a high value of fixed interval reinforcement schedule. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 245-263.
- D'Ausilio, A. (2012). Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment. *Behavior Research Methods*, 44, 305–313.
- Debert, P. & Andery, M. A.P. A. (2006). Infravermelho de baixo custo para estabelecer respostas de focinhar em ratos. *Revista Brasileira de Terapia e Medicina Comportamental Cognitiva*, 7, 263-266.
- Dews, P. B. (1970a). The theory of fixed-interval responding. In W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 43–61). New York: Appleton-Century-Crofts
- Dews, P. B. (1970b). Preface. In P. B. Dews (Ed.), *Festschrift for B. F. Skinner* (pp. ix-x). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Duckich, T. D. & Lee, A. E. (1973). A comparison of measures of responding under fixed-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 281-290.
- Fagot, J. & Paleressompoulle, D. (2009). Automatic testing of cognitive performance in baboons maintained in social groups. *Behavior Research Methods*, 41, 396-404.
- Fallon, D. (1965). Eatometer: A device for continuous recording of free feeding behavior. *Science*, 148, 977-978.

- Felton, M. & Lyon, D. O. (1966). The post-reinforcement pause. . *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 131-134.
- Ferster, C. B. (1970). Schedules of reinforcement with Skinner. Em P. B. Dews (Ed.), *Festschrift for B. F. Skinner* (pp. 37-43). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Ferster, C. B. & Skinner, B. F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton Century-Crofts.
- Fleshler, M. & Hoffman, H. S. (1962). A progression for generating variable interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5, 529-530.
- Gollub, L. R. (2002). Between the waves: Harvard Pigeon Lab 1955 - 1960. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77, 319-326.
- Grunzke, M. E. (1964). A manually operated pellet feeder for primates in space flight. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 44.
- Haralson, J. V. & Ralph, G. S. (1966) A further improvement in the automatic dispensing of live food for fish. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 153-154.
- Henton, W.W. & Iversen, I. H. (1973). An inexpensive feeder for rapid delivery of monkey pellets. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 19, 529-530.
- Herrnstein, R. J. and Morse, W. H. (1958). A conjunctive schedule of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 15-24.
- Hineline, P. N. (1968). A rapid retractable response lever. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 127-128.
- Hoffman, H. S. (1964). A retractable lever for use in behavioral research. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 163-164.

- Hogan, J. & Rozin, P. (1961). An automatic device for dispensing food kept in a liquid medium. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 81-83.
- Inkscape (Versão 0.48) [software]. disponível em <https://inkscape.org/en/>
- Iversen, I. H. (2008). An inexpensive and automated method for presenting olfactory or tactile stimuli to rats in a two-choice discrimination task. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 90, 113-124.
- Kaplan, M., Wulp, D. G. & Lipinski, C. E. (1961). An automatic feeder for laboratory dogs. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 333-334.
- Lattal, K. A. (1991). Scheduling Positive Reinforcers. In I. H. Iversen, & K. A. Lattal (Eds.), *Experimental Analysis of Behavior Part I* (pp. 87-134). Amsterdam: Elsevier.
- Lattal, K. A. (1998). Century of effect: Legacies of E. L. Thorndike's Animal Intelligence. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 70, 325-336.
- Longo, N. & Bitterman, M. E. (1963). An improved liveworm dispenser. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 279-289.
- Matos, M. A. & Tomanari, G. Y. (2002). A análise do comportamento no laboratório didático. São Paulo: Manole
- McClelland, W. J. (1965). An electronic apparatus for recording movement in small animals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 8, 215-218.
- Olton, D. S. (1979). Mazes, maps and memory. *American Psychologist*, 34, 583-596.
- Pear, J. J. & Eldridge, G. D. (1984). The operant respondent distinction: Future directions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 42, 453-467.
- Perone, M. (1991). Experimental design in the analysis of free operant behavior. Em I. H. Iversen & K. A. Lattal (Eds.), *Experimental analysis of behavior, Part I* (pp. 135-171). Amsterdam: Elsevier.

- Pineño, O. (2013, ahead of print). ArduiPod Box: A low-cost and open-source Skinner box using an iPod Touch and an Arduino microcontroller. *Behavior Research Methods*. Recuperado em 15 de stembro de 2013, http://people.hofstra.edu/Oskar_Pineno/Papers/Pineno.2013.pdf
- Pinkston, J. W. & Branch, M. N. (2006). Validation of a mechanical apparatus for the measurement of avian walking. *Journal of Neuroscience Methods*, 155, 56–61.
- Powell, R. W. (1968). The effect of small sequential changes in fixed-ratio size upon the post-reinforcement pause. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 589-593.
- Sapon, S. M. (1964). An Extremely Low Force Manipulandum. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 246.
- Schlinger, H. D., Derenne, A. & Baron A. (2008). What 50 years of research tell us about pausing under ratio schedules of reinforcement. *The Behavior Analyst*, 31, 39-60.
- Schneider, B. A. (1969). A two-state analysis of fixed interval responding in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 677-437.
- Schneider, B. A., & Neuringer, A. J.(1972). Responding under discrete-trial fixed interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 18, 187-199.
- Skinner, B. F. (1938). The behavior of organisms. NewYork, NY: Appleton-Century
- Skinner, B. F. (1950). Are theories of learning necessary? *Psychological Review*, 57, 193–216.

- Skinner, B. F. (1956). A case history in scientific method. *American Psychologist*, 11, 221–233.
- Staddon, J. E. R. (1972) Temporal control and theory of reinforcement schedules. Em R. M. Gilbert & J. R. Millenson (Eds.), *Reinforcement: Behavioral analyses* (pp.209-262). New York: Academic Press
- Thompson, T., Schuster, C. R., Dockens, W. & Lee, R. (1964). Mouth operated food and water manipulanda for use with monkeys. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7, 171-172.
- Thorndike, E.L. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Review Monograph Supplements*, 2.
- Zeigler, H. P. and Feldstein, R. (1971). A feedometer for the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 16, 181-187.
- Zeiler, M. D. (1970). Fixed-interval stimulus control. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 14, 291-299.
- Zeiler, M. D. (1972). Fixed interval behavior: effects of percentage of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17, 177-189.
- Zeiler, M. D. (1977). Schedules of reinforcement. Em W. K. Honig, & J. E. R. Staddon (Orgs.), *Handbook of operant behavior* (pp.201-232). Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Zeiler, M. D. (1984). The Sleeping Giant: Reinforcement Schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 42, 485-493.
- Zeiler, M. D., & Buchman, I. B. (1979). Response requirements as constraints on output. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32, 29-49.