



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE TEORIA E PESQUISA DO COMPORTAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TEORIA E PESQUISA DO
COMPORTAMENTO

MOVIMENTOS OCULARES CORRELACIONADOS COM O EFEITO DE ASPECTO
POSITIVO

CARLOS RAFAEL FERNANDES PICANÇO

Belém, PA
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE TEORIA E PESQUISA DO COMPORTAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TEORIA E PESQUISA DO
COMPORTAMENTO

MOVIMENTOS OCULARES CORRELACIONADOS COM O EFEITO DE ASPECTO
POSITIVO

CARLOS RAFAEL FERNANDES PICANÇO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento como parte dos requisitos da titulação de Doutorado.

Área de pesquisa: Controle de estímulos.
Orientador: François Jacques Tonneau.

Este estudo recebeu o apoio financeiro da CAPES – Brasil, por meio de concessão de bolsa de doutorado ao autor.

Belém, PA
2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
UFPA/Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento/Biblioteca

Picanço, Carlos Rafael Fernandes, 1987-

Movimentos oculares correlacionados com o efeito de aspecto positivo /
Carlos Rafael Fernandes Picanço. — 2018.

Orientador: François Jacques Tonneau

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Teoria e
Pesquisa do Comportamento, Programa de Pós-Graduação em Teoria e
Pesquisa do Comportamento, Belém, 2018.

1. Análise do comportamento. 2. Psicologia: pesquisa experimental. 3.
Controle de estímulos distintos. 4. Rastreamento de visão (humanos
adultos). 5. Código aberto. I. Título.

CDD - 23. ed. 150.722

Tese de Doutorado

“Movimentos oculares correlacionados com o efeito de aspecto positivo”.

Aluna: Carlos Rafael Fernandes Picanço.

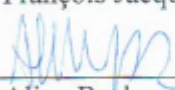
Data da Defesa: 23 de abril de 2018.

Resultado: Aprovado.

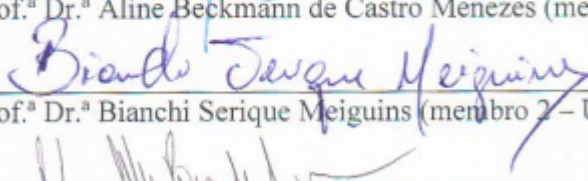
Banca examinadora:



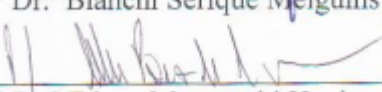
Prof.^a Dr.^a François Jacques Tonneau (orientador - UFPA).



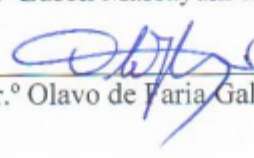
Prof.^a Dr.^a Aline Beckmann de Castro Menezes (membro 1 – UFPA)



Prof.^a Dr.^a Bianchi Serique Meiguins (membro 2 – UFPA)



Prof.^o Dr.^o Edson Massayuki Huziwara (membro 3 – UFMG – Via Skype)



Prof.^o Dr.^o Olavo de Faria Galvão (membro 4 – UFPA)

“Ausência de evidência não é evidência de ausência.”

Aforismo de autoria desconhecida.

À Thais, com todo amor.

Agradecimentos

Aos meus pais, Carlos e Vera, por todo o amor, educação e apoio incondicional.

À Thais Guimarães, por toda a cumplicidade, afeto, carinho...

À François Tonneau, pelos debates instigantes, por toda a criatividade matemática e pela orientação competente sem a qual este trabalho não teria sido possível.

À Bianchi Serique, pela disposição de colaborar com uma desafiadora parceria entre psicologia e visão computacional.

À Bruna Sarubi, por auxiliar na preparação do protocolo das rotinas iniciais.

À Iara Andrieli, Luiz Freitas, Pedro Soares, Ravi de Castro, por toda a ajuda e pelo convívio amigável no Pavlovers e no laboratório.

Aos voluntários que participaram deste trabalho, pelos 30 minutos de suas vidas solidarizados à ciência básica.

Aos autores de referência deste trabalho, pelo zelo e comprometimento científico.

À Howardpc, Handoko, Thaddy e à toda comunidade do forum.lazarus.freepascal.org pelo atencioso suporte com a IDE e o Free Pascal.

À Moritz Kassner, William Patera e Pablo Pietz pelo suporte cuidadoso e o impressionante trabalho em equipe na Pupil Labs.

À Alexandra Elbakyan, pelo imprescindível Sci-Hub. #StayStrong

A todos os para mim desconhecidos e admiráveis desenvolvedores de *software* aberto ou livre que tornaram realidade projetos como GNU, Linux, Debian, Ubuntu, Lazarus, Free Pascal, R, Matplotlib, OpenCV, Scikit-Learn, LibreOffice, Zotero, Inkscape, dentre muitos outros.

À CAPES, pelo apoio financeiro, e ao PPGTPC, pelo apoio institucional.

A todos vocês, de todo coração, meus mais singelos agradecimentos.

Sumário

Epígrafe.....	v
Dedicatória.....	vi
Agradecimentos.....	vii
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tabelas.....	15
Lista de Quadros.....	16
Lista de Abreviaturas.....	17
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
O efeito de aspecto positivo.....	25
O efeito de aspecto positivo e respostas de observação.....	28
Estudo 1.....	31
Método.....	32
Participantes.....	32
Aparato e Ambiente.....	32
Procedimento.....	33
Rotina de rastreamento ocular.....	36
Análise de dados.....	37
Resultados e Discussão.....	38
Estudo 2.....	47
Método.....	47
Participantes.....	47
Aparato e Ambiente.....	48
Estímulos.....	50
Procedimento.....	50
Instruções preliminares.....	50
Pré-treino ao botão.....	52
Ajuste postural.....	52
Rotina de calibragem.....	53
Treino ao botão.....	54
Discriminação simples sucessiva.....	54
Análise de dados.....	55
Resultados e Discussão.....	58
Estudo 3.....	63
Método.....	63
Participantes.....	63
Aparato, Ambiente.....	63
Estímulos.....	64

Procedimento.....	64
Instruções preliminares.....	64
Pré-treino ao botão e Ajuste postural.....	65
Rotina de calibragem.....	65
Treino ao botão, Discriminação simples sucessiva e Análise de dados.....	65
Resultados e Discussão.....	66
Estudo 4.....	71
Método.....	71
Participantes.....	71
Aparato e Ambiente.....	72
Estímulos.....	72
Procedimento.....	72
Instruções preliminares, Pré-treino ao botão, Ajuste postural e Rotina de calibragem.	72
Treino ao botão.....	74
Discriminação simples sucessiva.....	74
Análise de Dados.....	75
Resultados e Discussão.....	75
Discussão geral.....	81
Sobre a funcionalidade do efeito de aspecto positivo.....	85
Referências.....	87
Apêndices.....	95
Problemas de acessibilidade ao método de rastreamento de visão.....	95
A plataforma Pupil, uma breve introdução.....	96
Gravação de sessões e pós-processamento.....	98
Calibragem de rastreadores monoculares.....	99
Automatizando coleta e análise de dados.....	100
Qualidade de dados na plataforma Pupil.....	102
Otimizando a qualidade dos dados.....	105
Requisitos mínimos e instruções de montagem de um rastreador monocular.....	111
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	113
Método de recrutamento e critérios de exclusão de participantes.....	116
Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 2).....	118
Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 3).....	120
Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 4).....	121
Dispersão do olhar sobre arranjos de aspecto positivo e aspecto negativo.....	123

Lista de Figuras

Figura 1. Equipamento usado nos estudos. Os equipamentos usados eram idênticos aos da figura, com exceção do tamanho da sala e de uma câmera do olho mais recente. A figura mostra a câmera do mundo, a câmera do olho, o suporte de cabeça (Pupil Dev), o clipe de sustentação dos cabos, o retroprojeto e o descanso para o queixo.....	34
Figura 2. Ilustração da ordem de apresentação dos estímulos. Cada linha representa um ciclo, cada painel representa um momento.....	35
Figura 3. Proporção de apertos ao botão (calculada como o número de apertos no S+ sobre o total de apertos no S+ e S-) ao longo dos ciclos do experimento. Pontos pretos indicam média do grupo. Linhas verticais indicam a proporção máxima e mínima do grupo quando acima ou abaixo do ponto, respectivamente.....	39
Figura 4. Proporção de olhar à esquerda de P1 e P6 ao longo dos momentos da primeira linha de base. O estímulo à esquerda mudava em momentos ímpares (linha sólida e linha com pontos pretos) e o estímulo à direita mudava em momentos pares (linha tracejada e linha com pontos vazados). A cada momento, valores próximos de 1.00 indicam mais olhares à esquerda, valores próximos de zero indicam mais olhares à direita e valores próximo de 0.50 olhares equilibrados para esquerda e direita.....	40
Figura 5. Proporção de alternância do olhar durante o S+ ao longo dos ciclos do experimento. Os dados foram suavizados com uma média móvel de três pontos.....	41
Figura 6. Relação entre a medida de sincronização durante a linha de base e a medida de alternância do olhar induzida por extinção. Cada ponto representa um participante diferente. A linha sólida foi ajustada por uma regressão linear ordinária.....	43
Figura 7. Proporção do olhar de P1 (topo) e P4 (base) à esquerda ao longo dos ciclos. S+ (linhas sólidas) e S- (linhas tracejadas) são plotados separadamente. Os dados de cada linha foram suavizados com uma média móvel de três pontos.....	44

Figura 9. Limites espaciais utilizados para a contagem da observação de cada estímulo. Os estímulos de 1 a 9 eram identificados contando-se em sentido horário a partir do estímulo mais à direita.....	56
Figura 10. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-) do grupo de aspecto positivo (linha preta sólida) e do de aspecto negativo (linha cinza tracejada). As linhas verticais indicam o desvio padrão.....	58
Figura 11. Média da latência de apertos ao botão durante o S+, nos arranjos de aspecto positivo (AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (AA+, linha tracejada cinza).....	60
Figura 12. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha sólida preta) e AB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.....	61
Figura 13. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaza de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (AB+ esquerda e AB- direita), na base durante arranjos contendo apenas aspectos comuns (AA+ direita e AB- esquerda). Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.....	62
Figura 14. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-) do grupo de aspecto positivo (linha preta sólida) e do de aspecto negativo (linha cinza tracejada).....	66
Figura 15. Média da latência de apertos ao botão durante o S+ nos arranjos de aspecto positivo (AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (AA+, linha tracejada cinza).....	67
Figura 16. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha sólida preta) e AB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.....	68
Figura 17. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaza de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (AB+ esquerda e AB- direita), na base durante arranjos	

contendo apenas aspectos comuns (AA+ direita e AA- esquerda). Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.....69

Figura 18. Elemento comum (A), distintivo (B9°) e arranjos de aspecto negativo e positivo. A tela durante o intervalo entre tentativas continha apenas o fundo em tons de cinza. A direção angular da abertura de um elemento distintivo variava aleatoriamente entre tentativas. Note a relação de maior contraste entre estímulos discriminativos condicionais (xis e quadrado) e de menor contraste entre elementos e fundo nos arranjos AA e AB9° por consequência de seus tons de cinza. Os arranjos eram apresentados de forma balanceada em cada sessão.....73

Figura 19. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-). Tentativas de aspecto positivo são indicadas pela linha sólida preta e de de aspecto negativo pela linha tracejada cinza.....75

Figura 20. Média da latência de apertos ao botão durante o S+ nos arranjos de aspecto positivo (quadrado-AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (xis-AA+, linha tracejada cinza).....77

Figura 21. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos quadradoAB+ (linha sólida preta) e xisAB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.78

Figura 22. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaza de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (quadradoAB+ esquerda e xixAB- direita), na base durante arranjos contendo apenas aspectos comuns (xisAA+ direita e quadradoAA- esquerda).

Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.....79

Figura 23. Etapas de detecção dos estímulos a partir das imagens do cenário. O primeiro painel é uma imagem tal como recebida pela câmera do mundo; ela contém o cenário, a projeção da tela com os estímulos. O segundo painel ilustra a detecção da tela na imagem do

cenário. O terceiro painel ilustra a tela de referência após a transformação de perspectiva; com distorções de trapézio corrigidas. O quarto painel ilustra os limites dos estímulos no espaço da tela de referência (ver seção “Análise de Dados”).....102

Figura 24. Simulação de dados de observação de um ponto de referência conhecido (P). À esquerda, o conjunto de pontos em torno do ponto B possui alta acurácia e baixa precisão. À direita, o conjunto em torno do ponto A possui baixa acurácia e alta precisão.....103

Figura 25. Um exemplo do mapeamento de pontos de gaza. Os dados são de uma sessão de linha de base de um participante (P5). O painel no topo mostra a tela de referência em coordenadas cartesianas normalizadas, com os contornos dos estímulos apresentados (um quadrado e um círculo) e com uma cruz marcando o centro da tela. Cada ponto do conjunto de pontos representa uma localização do centro de visão focal reportado pelo Pupil. As linhas no painel menor no topo representam o deslocamento em relação ao centro do conjunto de pontos durante a sessão. O painel inferior mostra o mesmo conjunto de dados após a correção.....108

Figura 26. Esquematização dos componentes de hardware e software de um estudo típico de rastreamento ocular. Os componentes de hardware (e.g., as câmeras) são desenhados com linhas sólidas. Componentes de software são representados por retângulos com borda sólida e cantos arredondados, enquanto dados são representados por quadrados tracejados. Setas tracejadas relacionam dados e software, enquanto setas duplas pontilhadas representam luz. Os programas que são parte da plataforma Pupil (Pupil Capture e Pupil Player) estão em negrito. Os outros programas são ou parte do sistema operacional ou customizados.....110

Figura 27. Dados individuais do Estudo 2. A proporção de apertos ao botão durante o S+ é indicada por linhas sólidas e proporção de olhares ao estímulo distintivo por linhas tracejadas. Participantes do grupo de aspecto positivo estão nos painéis à esquerda e do grupo de aspecto negativo nos painéis à direita. Os painéis foram ordenados do maior para o menor.....119

- Figura 28. Dados individuais dos dados agrupados no Estudo 3. Proporção de apertos ao botão durante o S+ (linhas sólidas) e de olhares ao estímulo distintivo (linhas tracejadas). Grupo de aspecto positivo à esquerda e negativo à direita. Os painéis foram ordenados do maior para o menor, ver detalhes no Apêndice E.....120
- Figura 29. Dados individuais (Estudo 4). Proporção de apertos ao botão durante o S+ (linhas sólidas) e de olhares ao estímulo distintivo (linhas tracejadas). Linhas com tentativas de aspecto positivo possuem cor preta e negativo cor cinza. Os painéis foram ordenados do maior para o menor, no sentido de leitura, ver detalhes no texto deste apêndice.....122
- Figura 30. Média do desvio padrão bidimensional do olhar (RMS = root mean square), em graus do ângulo de visão, ao longos das tentativas do Estudo 2 (topo), Estudo 3 (centro) e Estudo 4 (base). Linhas sólidas pretas ilustram os arranjos associados à reforçamento (AB+ à esquerda e AA+ à direita) e linhas tracejadas cinza ilustram os arranjos associados à extinção (AB- à esquerda e AA- à direita).....123

Lista de Tabelas

Tabela 1. Testes t pareados entre as proporções de aspecto positivo e negativo de cada participante.....	77
--	----

Lista de Quadros

Quadro 1. Instruções apresentadas aos participantes. A última instrução não foi apresentada aos participantes P1 e P2, ela foi introduzida a posteriori, pois alguns participantes (dados não apresentados) iniciavam e permaneciam sem pressionar o botão durante minutos. P1 e P2 fizeram parte desse estudo preliminar, mas como o comportamento deles apresentou o padrão esperado, seus dados foram incluídos nas análises deste estudo.....	51
Quadro 2. Instruções preliminares apresentadas aos participantes do Estudo 3.....	64

Lista de Abreviaturas

CAAE - Certificado de Apresentação para Apreciação Ética.....	32
m - Metro.....	32
lux - Lumens por metro quadrado.....	32
GE - General Eletrics.....	32
K - Kelvin, temperatura da luz.....	32
i3 - Processadores Intel® Core™ i3.....	32
GB - Gigabyte.....	32
DDR3 RAM - Double Data Rate Type 3 Random Access Memory.....	32
USB 3.0 - Universal Serial Bus, version 3.....	33
LGPL3 - Lesser General Public License, versão 3.....	33
GPL3 - General Public License, versão 3.....	33
USB 2.0 - Universal Serial Bus, version 2.....	33
g - Grama.....	33
s - Segundo.....	35
mín. - Mínimo.....	35
máx. - Máximo.....	35
S+ - Estímulo positivo, associado com o reforço.....	36
S- - Estímulo negativo, associado com extinção.....	36
NA - Resultado nulo decorrentes de divisão por zero.....	57
M - Média.....	58
DP - Desvio padrão.....	58
IC - Intervalo de confiança (95%).....	59
AP - Arranjos de aspecto positivo.....	61
AN - Arranjos de aspecto negativo.....	61
ICMS - Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços.....	97
LED - Light Emmiter Diode.....	111
nm - nanômetros.....	111

Picanço, C. R. F. (2018). *Movimentos oculares correlacionados com o efeito de aspecto positivo*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil, 123 páginas.

RESUMO

Aspecto-positivo (FP) e aspecto-negativo (FN) são arranjos compostos por estímulos comuns (A) e estímulos distintivos (B). No aspecto-positivo, há reforçamento AB+ e extinção AA-. No aspecto-negativo, há reforçamento AA+ e extinção AB- (FN). O efeito de aspecto positivo ocorre quando as discriminações FP são estabelecidas mais rapidamente do que as discriminações FN. A literatura sobre esse efeito tem documentado automodelagem de respostas de observação sob controle do estímulo distintivo. Contudo, tais respostas tem sido inferidas a partir de resultados de respostas motoras. Conduzimos quatro estudos com o objetivo de replicar o efeito de aspecto distintivo com humanos adultos, mensurando-o por meio do índice discriminativo, da latência e da proporção de observação visual dos estímulos. Primeiramente, um estudo preliminar avaliou e confirmou que um rastreador monocular era suficiente para detectar mudanças na proporção de observação resultantes do efeito do reforçamento (condicionado) intrínseco aos estímulos discriminativos (em tese, componente essencial do efeito de aspecto positivo). Os três outros estudos replicaram o efeito de aspecto positivo, dois com delineamentos de grupo e o último com delineamento intra-sujeito. Os estímulos dos arranjos FP e FN eram observados de maneira regularmente e previsivelmente diferente, com mais observação do estímulo distintivo no primeiro arranjo no Estudo 2 e Estudo 3. Entretanto, mais observação do estímulo distintivo não foi necessária no Estudo 4, no qual o efeito de aspecto positivo foi mais robusto.

Palavras-chave: efeito de aspecto positivo, respostas de observação, rastreamento de visão, humanos adultos.

Picanço, C. R. F. (2018). *Ocular movements correlated with the feature-positive effect*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil, 123 páginas.

ABSTRACT

Feature-positive (FP) and feature-negative (FN) stimulus arrangements involve common elements (A) and a distinctive element (B). These are used in simple discriminative tasks (go/no-go), in which there is AB+ reinforcement and AA-extinction for FP group, whereas there is AA+ reinforcement and AB- extinction for FN group. The feature-positive effect is shown when the FP group is faster than the FN group in developing discriminations. The feature-positive effect literature has documented auto-shaped observing responses under the control of the distinctive stimulus. However, such responses have been inferred from artificial motor responses to external devices. Four studies were conducted aimed at replicating the feature-positive effect with adult humans, measuring it by means of the discriminative index, the latency and the proportion of natural observation of stimuli arrangements. First, a preliminary study evaluated and confirmed that a monocular eye-tracker was sufficient to detect subtle changes in the proportion of observation at the discriminative stimuli, as a consequence of the (conditioned) reinforcement effect intrinsic to them, which was, hypothetically, an essential component of the feature positive effect. Remaining studies replicated the feature positive effect, Study 2 and 3 with group designs and Study 4 with a single-subject design. The stimuli of the FP and FN arrangements were observed in a regularly and predictably different manner, with more observation of the distinctive stimulus during AB+ arrangements in Study 2 and Study 3. However, more observation of the distinctive stimuli was not necessary in Study 4 with which a stronger feature positive effect occurred.

Key-words: feature positive effect, observing responses, eye-tracking, human adults.

Na Análise Experimental do Comportamento, o tema do controle exercido pelos estímulos, tal como desenvolvido pioneiramente por Skinner (1938), teve diferentes ênfases ao longo do tempo. Uma das linhas de pesquisa nesse contexto, muito popular nos anos setenta, tem investigado o efeito de aspecto positivo ou *feature positive effect* (Jenkins & Sainsbury, 1967; Sainsbury & Jenkins 1967). Esse efeito descreve uma facilitação ou uma dificuldade de discriminações entre estímulos compostos, dependendo da localização de um elemento distintivo (e.g., ora presente do lado reforçado, ora do lado extinguido; mais detalhes adiante). Duas questões gerais tem norteado a literatura sobre esse efeito. Primeiro, qual sua funcionalidade, isto é, qual o controle exercido pelos estímulos quando o efeito ocorre? Segundo, qual sua ubiquidade, isto é, com que extensão sua funcionalidade em um contexto é compartilhada com outros contextos (procedimentos, organismos, modalidades sensoriais, dimensões de estímulo)? Esse efeito, por descrever vieses que estímulos antecedentes podem produzir sobre processos discriminativos, permitiu a intersecção com a tradição associativa pavloviana. Consequentemente, a investigação sobre aquelas questões, que limitam à compreensão sobre a causalidade do efeito, não pode ser desligada do contexto histórico da criação da Análise Experimental do Comportamento a partir e em oposição à tradição pavloviana, especificamente quanto ao tema da discriminação.

Considere, primeiramente, processos discriminativos no contexto do condicionamento clássico da secreção salivar de cães (Pavlov, 1927). Na Lição VII dessa obra de revisão, discorre-se sobre as chamadas “discriminações de agentes externos”, processo que resultava de forma consistente da aplicação do “método de contraste”. O método envolvia, tomando-se um exemplo específico (e.g., Anrep, 1920), um estímulo S+, um som puro, sempre acompanhado de reforço (farinha de biscoito em um prato) e um estímulo S-, outro som puro, sempre sem reforço. O S- era uma variação da frequência do primeiro som. Após o estabelecimento de uma resposta condicional ao S+, seguia-se com a repetição sucessiva de

S+ e S-, S+ e S-, e assim por diante. Fístulas no duto parotídeo do cão permitiam que respostas condicionais e incondicionais fossem registradas na forma de gotas de secreção salivar por unidades de tempo. O reforço era apresentado automaticamente por meio da introdução e remoção do prato. Ao longo da repetição sucessiva de S+ e S-, ocorriam respostas condicionais de baixa magnitude durante as primeiras repetições do S-. Em seguida, elas passavam a ocorrer com magnitude comparável ou maior do que aquela durante o S+. Finalmente, elas passavam a ocorrer com menor magnitude e, ao longo de aproximadamente cinco dias de aplicação do método, deixavam de ocorrer ou ocorriam com magnitude próxima de zero. Adicionalmente, respostas motoras associadas a alimentação passavam a ocorrer durante o S+, mas não durante o S-. Em resumo, a) havia salivação condicional ao S+ num primeiro momento sem a ocorrência de respostas motoras; b) havia um momento de generalização inicial, com a ocorrência de respostas condicionais ao S+ e ao S-; c) havia inibição condicional ao S- ao final d) havia, também ao final, a ocorrência de salivação condicional ao S+ acompanhado por respostas motoras.

Pavlov (1927), ao investigar o processo de diferenciação, estava plenamente ciente das limitações no controle experimental de seu tempo. Ele reportou que, com os recursos até então disponíveis, era impossível isolar uma única modalidade de estímulos e variar exclusivamente um único grau de interesse. Por exemplo, a) ao variar a frequência de sons, a intensidade inevitavelmente variava; b) o aparato de apresentação de estímulos de modalidades específicas (e.g., táteis, visuais, térmicos) produzia estímulos na modalidade auditiva (e.g., rangidos incontroláveis) e ; c) múltiplos reflexos ocorriam simultaneamente. Ainda assim, o problema (a) era minimizado, por exemplo, atribuindo-se ao S+ e ao S- gradações vizinhas ao longo de gradientes. Eram nessas circunstâncias, e a despeito desses problemas, que Pavlov (1927) relatou que o processo de diferenciação de respostas por meio

do método de contraste ocorria de maneira semelhante, independente de quais estímulos fossem designados como S+ ou S- ao longo da reversão das discriminações.

Ainda que nenhum experimento explicitamente investigando reversões da função dos estímulos tenha sido detalhado por Pavlov (1927), ao menos no caso de sons puros os detalhes podem ser encontrados no relato feito por Anrep (1920, como descrito anteriormente). Evidentemente, o interesse de Pavlov (1927) não estava no quão semelhantes seriam as reversões de função de estímulos, mas no quanto melhores ou piores capacidades de discriminação informavam sobre os limites biológicos e cognitivos dos organismos. Consequentemente, no contexto da aplicação do método de contraste ao problema dos limites sensoriais, eventuais assimetrias no processo discriminativo clássico eram simplesmente tratadas como variáveis estranhas, seja quando decorrentes de aspectos incontrolláveis do equipamento, seja por aspectos relativos à história das espécies.

Enquanto o estudo dos reflexos conduzido por I. P. Pavlov (1849-1936) era orientado ao conhecimento da atividade cerebral e psíquica, o estudo dos “reflexos” conduzido por B. F. Skinner (1904-1990), por sua vez, era orientado à compreensão do processo comportamental em si mesmo. Ainda na década de trinta, após restringir seu interesse científico a respeito dos organismos a “o que eles fazem” ao invés de “do que eles são feitos” (Skinner, 1931), três tipos de condicionamentos reflexos foram categorizados, Tipo II, Tipo I e pseudo-tipo (Skinner, 1935), posteriormente sendo identificados na literatura de controle de estímulos (e.g. Catania, 1999; Keller & Schoenfeld, 1995), respectivamente, por termos como: a) condicionamento respondente (ou clássico); b) comportamento operante (ou instrumental) e; c) discriminação operante.

Considere, agora, processos discriminativos no contexto operante de pressões à barra por ratos (Skinner, 1938); assunto tratado no capítulo cinco, “A discriminação de um estímulo”. O método de contraste havia sido ajustado ao estudo do recondicionamento

periódico e também gerava resultados consistentes. Um contraste entre claro e escuro, estímulos difusos extremos, era apresentado dentro de uma caixa de condicionamento operante, cada rato com livre acesso à água (dentro e fora da caixa) e sob um esquema de privação de comida baseado no estabelecimento e na manutenção de picos diários de fome que compartilhavam um mesmo horário. O condicionamento ocorria em dias alternados definidos pelo esquema de privação. Na presença de luz (S+) pressões à barra sempre produziam acesso à comida como reforço e na ausência de luz (S-) não havia consequências programadas para pressões à barra. Sucessivas apresentações de S+ e S- ocorriam segundo o protocolo do recondicionamento periódico. Assim que uma e tão somente uma resposta ocorria durante o S+, essa resposta era reforçada e alternava-se para a condição S- durante uma espera limitada (e.g., por aproximadamente 5-min.). Após a espera, alternava-se para o S+, aguardava-se a ocorrência de uma resposta, então alternava-se para o S- e assim sucessivamente, até que toda a comida diária fosse consumida, ao longo de dias. Reversões das discriminações também eram conduzidas de acordo com esse protocolo. Uma reversão era contabilizada quando o S+ tornava-se S- e vice-versa.

Um detalhe sobre o procedimento de reversões merece destaque. Em alguns estudos com grupos de ratos, foi observada uma assimetria no processo discriminativo segundo a qual ratos de grupos com presença de luz durante a extinção respondiam com taxa menor do que ratos com ausência de luz durante a extinção, produzindo curvas de extinção mais longas no último caso. A explicação dada para a assimetria era simples: ratos eram mais ativos durante a ausência do que durante a presença de luz. Ao interpretar esses resultados, Skinner (1938) afirmou: “Nenhuma diferença significativa deve ser observada entre os dois casos a qual seja grande o suficiente para perturbar as presentes conclusões [sobre a relação entre indução e discriminação]” (p. 225, colchetes adicionados). Mais uma vez assimetrias eram tão somente

variáveis estranhas que necessitavam de controle adicional quando o método de contraste era aplicado ao problema das reversões de discriminações simples operantes.

A despeito da assimetria, aquele processo discriminativo operante possuía regularidades durante seu estabelecimento e reversão. Durante o estabelecimento, respostas tendiam a ocorrer durante o S- e com o avanço das repetições por contraste, respostas durante o S- reduziam de frequência. Ao final, respostas tendiam a ocorrer com menor latência e quase exclusivamente durante o S+. No caso das reversões, a taxa de respostas durante o então revertido S- era maior inicialmente do que posteriormente. Por meio dessas observações, descrevia-se que a discriminação resultante era uma diferença na força de dois reflexos de um mesmo tipo e que ela decorria necessariamente da indução (generalização) de respostas durante o S- que eram extintas com a repetição do contraste. À rigor, explicações de processos discriminativos por meio de reflexos foram dando lugar a explicações por meio de operantes ao longo de sua obra, que, em sua forma mais madura (Skinner, 1969), priorizava contingências de reforço ou punição operantes ao analisar o controle exercido pelos estímulos antecedentes e relegava processos pavlovianos a um lugar genérico de “sobrevivência e evolução das espécies”.

Assimetrias nos processos de discriminação simples, ora artefatos de equipamentos, ora aspecto natural da espécie, eram variáveis estranhas indesejáveis. Tanto na tradição pavloviana quanto na skinneriana, assumia-se que reversões simétricas de discriminações simples *deveriam* gerar processos discriminativos também simétricos e que, reversões assimétricas deveriam gerar processos assimétricos. A mesma premissa também estava presente nos estudos sobre discriminações simples tradicionalmente interpretados por meio do conceito de “hábito” (e.g. Yerkes & Dodson, 1908), mas por brevidade o assunto ficará apenas mencionado. No que tange às reversões de discriminações simples, como apresentado anteriormente, processos simétricos eram a regra, contanto que as condições do controle

experimental fossem respeitadas. O efeito de aspecto positivo, entretanto, é evidência de que assimetrias no processo discriminativo podem ocorrer de reversões simétricas de acordo com o método de contraste.

O efeito de aspecto positivo

Arranjos de aspecto positivo e arranjos de aspecto negativo são compostos por aspectos comuns (A) e um aspecto distintivo (B), geralmente singular. Especificamente, considere um arranjo de aspecto positivo composto por reforçamento operante AB+ e extinção operante AA-, e um arranjo de aspecto negativo composto por reforçamento operante AA+ e extinção operante AB-. Um efeito de aspecto positivo ocorreria se a discriminação AB+/AA- fosse estabelecida mais rapidamente do que a discriminação AB-/AA+. Essa terminologia foi introduzida por Jenkins e Sainsbury (1967) e Sainsbury (1969), que documentaram tal efeito com pombos e estímulos visuais. Esses autores inferiam que cada aspecto exercia controle ou era percebido de forma unitária, a despeito das contingências serem explicitamente programadas apenas para os arranjos como um todo e não para seus elementos individualmente.

Inversamente, se AB-/AA+ ocorresse mais rapidamente do que AB+/AA- um efeito de aspecto negativo (*feature-negative effect*) teria ocorrido (o que raramente tem sido reportado: Beckmann & Young, 2007; Haggbloom, 1983; Reberg & Memmott, 1979). Ambos os efeitos (aspecto positivo e aspecto negativo) referem-se a um mesmo fenômeno de interesse: uma assimetria no processo discriminativo originada da reversão simétrica de arranjos contendo aspectos distintivos. Assimétricas entre discriminações AB+/AA- e AB-/AA+ são contraintuitivas, pois reversões de discriminações sem aspectos distintivos (entre S1+/S2- e S1-/S2+) aplicam a mesma metodologia de reversões simétricas por contraste, e produzem processos simétricos. Por que a presença de aspectos distintivos possui altas chances de enviesar o processo discriminativo?

Jenkins e Sainsbury (1967) conduziram dois experimentos que envolveram tentativas discretas de discriminações sucessivas apresentadas a pombos. Uma tentativa iniciava com a apresentação de discos iluminados compondo um de dois arranjos de estímulos (AB ou A). Aqui a terminologia dos arranjos comuns (A+ e A-) contém apenas uma letra, pois o número de elementos comuns ainda não era uma variável controlada (mais detalhes adiante). O final de uma tentativa era marcado pelo desligamento da luz do disco e era seguido de um intervalo ($M = 60$ s, intervalo = [30 s, 90 s]). Se a tentativa fosse positiva, quatro bicadas ao disco produziam o encerramento da tentativa e acesso à comida (reforçamento operante); se negativa, o acesso à comida era impossível (extinção operante) e o encerramento da tentativa ocorria após 7 s. Os pombos eram divididos entre dois grupos. No primeiro experimento (Experimento 1) discriminações AB+/A- ocorreram com onze de quinze pombos no primeiro grupo, enquanto que discriminações AB-/A+ ocorreram com apenas um de dezesseis pombos no segundo grupo. No outro experimento (Experimento 3), discriminações AB+/A- ocorreram com quatro de cinco pombos no primeiro grupo, enquanto que no segundo grupo discriminações AB-/A+ não ocorreram com cinco de cinco pombos. A diferença entre os dois experimentos estava nos estímulos utilizados. No primeiro, o estímulo comum (A) era um disco branco uniformemente iluminado e o distintivo (B) era um ponto preto no centro do disco. No outro experimento, o estímulo comum (A) era um disco branco uniformemente iluminado com uma linha horizontal preta sólida sobre seu diâmetro e o distintivo (B) era um espaço branco no centro da linha.

Jenkins e Sainsbury (1967), adicionalmente, avaliaram a influência de respondentes no efeito comparando a resistência à extinção operante entre os discos usados como estímulo (Experimento 2). Quatro pombos eram expostos a reforçamento operante de bicadas sobre cada um de três discos. O primeiro correspondia ao arranjo com o elemento distintivo, um disco branco iluminado com um ponto preto no centro (AB+), o segundo correspondia ao

arranjo comum, um disco branco iluminado sem o ponto (A+), e o terceiro era um disco controle sem o ponto e não iluminado (S+). Após estabelecido o reforçamento de bicadas sobre cada disco, havia extinção para os dois primeiros. A racional do autor era a seguinte: se o ponto eliciasse respostas, a resistência à extinção seria mais lenta no disco com ponto (AB) do que no disco sem ponto (A). Tal diferença não foi observada no desempenho dos quatro pombos.

Diante desses resultados, Sainsbury (1969) desenvolveu duas explicações para o efeito. A primeira, a teoria da eliciação, assumia que ele dependia de respostas incondicionais ao aspecto distintivo, considerava que estímulos pequenos e arredondados funcionavam como estímulos incondicionais para bicadas de consumação e que os pombos tenderiam a bicar apenas no ponto preto (B) e não bicar no disco branco (A) durante discriminações A+/AB-. Isto é, o efeito de aspecto positivo ocorria porque o ponto utilizado como estímulo distintivo eliciava respostas de bicar durante a configuração AB- na qual os pombos não deveriam bicar. Porém a teoria da eliciação foi descartada¹ pelo autor no caso de pontos pretos (Jenkins & Sainsbury, 1967, Experimento 2 e Experimento 3).

A segunda explicação assumia que, no contexto operante, os arranjos AB+, AB-, A+ e A- implicavam diferentes probabilidades do reforço operante, assim como o fortalecimento de diferentes relações de controle operantes e resultavam nas diferenças observadas entre os grupos: a teoria da discriminação simultânea.

1 Deve-se mencionar que posteriormente surgiram evidências de que processos pavlovianos afetam a ocorrência do efeito de aspecto positivo no contexto operante (Hearst, 1975, 1978, 1988; Hearst & Jenkins, 1974; Nallan, Pace, McCoy, & Zentall, 1983), que no contexto pavloviano arranjos de aspecto positivo (Ross, 1983; Ross & Holland, 1981; Ross & LoLordo, 1986) e aspecto negativo (Holland, 1992) exercem controle discriminativo excitatório ou inibitório, respectivamente, e que um efeito de aspecto positivo também pode ocorrer no condicionamento clássico (Deubner & Lachnit, 1994).

O efeito de aspecto positivo e respostas de observação

Sainsbury (1969), sugeriu que o estímulo distintivo deveria ser mais observado durante arranjos AB+/A- do que durante arranjos A+/AB-. A predição decorria do fato de que, considerando o reforçamento final (a comida), a probabilidade esperada de distribuição do reforço entre os estímulos no arranjo de aspecto positivo (AB+) era de 50% para o estímulo distintivo e de 50% para o estímulo comum, mas no arranjo de aspecto negativo a probabilidade esperada era de 100% para o estímulo comum (A+) e era 0% para o estímulo distintivo (AB-). A predição de mais observação do estímulo distintivo no arranjo de aspecto positivo e menos observação desse estímulo no arranjo com aspectos comuns foi corroborada pelos resultados de seus dois primeiros experimentos. Respostas de observação eram inferidas a partir do lugar no qual os pombos bicavam. No Experimento 1, discriminações AB+/A- foram estabelecidas com cinco de cinco pombos, mas outros cinco de cinco pombos não desenvolveram discriminações A-/AB+. Todos os pombos do primeiro grupo ao final do treino centralizaram suas bicadas no estímulo distintivo, mas isso não ocorreu com nenhum pombo do segundo grupo. O Experimento 2 confirmou os resultados do primeiro experimento, mas separando os estímulos em arranjos AB+/AA- e AA+/AB- (note a mudança na terminologia; dessa vez os estímulos comuns ocupavam espaços delimitados no arranjo, assim como os estímulos distintivos, com o objetivo de controlar o número de estímulos delimitados espacialmente em cada arranjo). Os experimentos envolviam um pré-treino com reforçamento independente de respostas, no qual bicadas concentradas no estímulo distintivo também ocorriam (o que pode ser identificado como uma manifestação de automodelagem ou *autoshaping*: Brown & Jenkins, 1968; Hearst & Jenkins, 1974; Skinner, 1971). Isso pode ter favorecido a disparidade entre os grupos tanto no início quanto ao longo do treino.

Até então, todos os estudos mencionados que documentaram o efeito eram conduzidos com pombos e com discriminações simples sucessivas. O curso natural dos

estudos seguintes seria demonstrar que o efeito também ocorreria com participantes humanos e com outras configurações experimentais. Sainsbury (1971b), por exemplo, com discriminações simultâneas e crianças de quatro a cinco anos, demonstrou que discriminações AB+/AA- foram desenvolvidas por doze de doze crianças e que discriminações AA-/AB+ por apenas uma de doze crianças. Adicionalmente, o lugar aonde as crianças apontavam com o dedo respeitava o mesmo padrão previamente documentado com as bicadas de pombos, o que permitia inferir que havia mais observação dos estímulos distintivos durante arranjos AB+/AA- do que durante arranjos AA+/AB-. Contudo, essa diferença até então não foi documentada no contexto de observação natural do olhar dos participantes.

Contrastando com este foco sobre respostas naturais de observação, a maior parte das atividades registradas nos laboratórios analítico-comportamentais consiste de respostas motoras a dispositivos como barras, botões, teclas ou telas sensíveis ao toque. Estudos sobre controle de estímulos com humanos, por exemplo, geralmente envolvem tarefas nas quais os participantes a) apertam as teclas de um teclado de computador ou b) apertam os botões e movem um mouse ou; c) tocam a tela de uma interface sensível ao toque. Embora informações valiosas tenham sido obtidas por meio desses métodos, analistas do comportamento começaram a diversificar suas variáveis dependentes procurando por informações adicionais para além de respostas motoras a dispositivos (cf. Palmer, 2010). Com tarefas de discriminação visual, registrar os movimentos oculares conjuntamente com outras respostas motoras já se mostrou como uma promissora e valiosa fonte de informação (Dube et al., 1999, 2010; Huziwara, de Souza & Tomanari, 2016; Kaplan & Schoenfeld, 1966; Perez, Endemann, Pessoa & Tomanari, 2015; Serna & Carlin, 2001; Steingrimsdottir & Arntzen, 2016).

Especificamente, a literatura analítico-comportamental tem buscado correlações entre observação visual e outros comportamentos, o que tem permitido a predição de um com base

no outro e uma melhor compreensão do controle exercido pelos estímulos (e.g., Tomanari et al., 2007), mas isso não tem sido feito diretamente no contexto do efeito de aspecto positivo. Por outro lado, a literatura cognitivo-comportamental tem buscado compreender as consequências do efeito no contexto jurídico usando os movimentos oculares como medida complementar da interpretação de texto e da tomada de decisão (Eerland, 2012), mas sem analisar o processo de desenvolvimento de discriminações. Por sua vez, o presente trabalho tem como foco a observação natural ao longo do processo de desenvolvimento de discriminações e a comparação entre esses processos no contexto do efeito de aspecto positivo. A observação natural pode ser inferida com maior precisão por meio do rastreamento ocular e forneceria uma medida complementar dos processos discriminativos que configuram o efeito de aspecto positivo.

A despeito do reconhecido valor de tais informações, analistas do comportamento interessados em começar a desenvolver pesquisa que depende do registro de movimentos oculares estão sujeitos a problemas de acessibilidade ao equipamento e aos programas de computador demandados por esse tipo de pesquisa (e.g., Apêndice A). Consequentemente, pesquisas pioneiras nesse campo requerem, dentre outros esforços, que se explorem alternativas metodológicas mais acessíveis.

O presente trabalho está organizado em quatro estudos. O primeiro é um estudo preliminar avaliando a viabilidade do registro de movimentos oculares por meio de um rastreador monocular e de se inferir, a partir desse registro, informações sobre a observação dos estímulos. Os outros três estudos dão continuidade à linha de pesquisa iniciada por Robert S. Sainsbury e Herbert M. Jenkins (Jenkins & Sainsbury, 1967, 1969; Sainsbury, 1969, 1971; Sainsbury & Jenkins, 1967). Os detalhes de cada estudo são introduzidos em suas respectivas seções.

Estudo 1²

O sistema que escolhemos para este estudo, assim como os estudos subsequentes, é o sistema Pupil (Apêndice B). O objetivo do presente estudo era avaliar a sensibilidade deste sistema ao comportamento ocular de sujeitos humanos observando figuras correlacionadas com o reforçamento operante e a extinção. O consenso nos estudos com não-humanos e respostas de observação artificiais (como estímulos produzidos ao pisar sobre uma plataforma) é que a observação é majoritariamente mantida por sua correlação com o reforçamento primário (Dinsmoor, 1983; Fantino, 1977; Shahan, 2010; Shahan & Cunningham, 2015). A situação considerando humanos é mais complicada, com casos documentados de observação mantida por estímulos associados à extinção (Perone & Kaminski, 1992), embora não no nível daquela mantida por reforçamento (Tomanari, 2004).

Este estudo envolveu três fases (ABA). A primeira foi uma fase de linha de base na qual uma simples resposta motora, pressionar um botão, era estabelecida com reforço correlacionado com dois estímulos que se alternavam na presença de um outro estímulo distrativo. Na segunda, a fase experimental, um dos estímulos permanecia correlacionado com o reforço, mas o outro não (extinção). A terceira fase era um retorno à linha de base. Da perspectiva do participante, dois estímulos sempre estavam presentes na tela. Os estímulos da esquerda eram os estímulos correlacionados com reforço ou extinção e os da direita eram os estímulos distrativos. Tendo como base a literatura sobre observação, esperava-se que os participantes olhassem proporcionalmente mais na direção do estímulo correlacionado com o reforço e menos na direção do estímulo correlacionado com extinção.

O planejamento inicial era de reforçar apertos a um botão sobre um esquema de intervalo variável, mas estudos pilotos mostraram que usar reforçamento intermitente nas

² Versão ampliada e tradução livre da segunda parte do artigo “A Low-Cost Platform for Eye-Tracking Research: Using Pupil© in Behavior Analysis” aceito no *Journal of Experimental Analysis of Behavior*.

condições até então arranjadas gerava sequências de respostas supersticiosas (Ono, 1987; Wagner & Morris, 1987) que eram altamente resistentes a extinção. Isso impedia o estabelecimento de qualquer discriminação em tempo hábil na segunda fase do estudo. Por essa razão optou-se pelo reforçamento contínuo, o que tornou o procedimento não otimizado quanto às discriminações visuais, pois os pontos apresentados após cada resposta durante o S+ poderiam em si mesmos funcionar como dicas, sombreando os estímulos visuais no processo (Mackintosh, 1977). Ainda assim, o uso do reforçamento contínuo permitiu que o estudo fosse mais curto e compensou, pois revelou consistências inesperadas no comportamento de observação dos sujeitos

Método

Participantes

Oito estudantes universitários (4 homens e 4 mulheres; idade entre 18 – 27 anos) concordaram em participar de um estudo sobre “percepção e aprendizagem” assinando um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice C). O estudo foi aprovado (CAAE: 35142814.0.0000.5172) pelo comitê de ética regional que regulava a participação de humanos em pesquisas científicas. Todos os estudantes eram de cursos de graduação exceto psicologia e relataram possuir visão normal para cores. Cada um deles era informado sobre o propósito do estudo ao final da participação. A duração total, desde a abordagem inicial até a finalização da participação, era de aproximadamente 30 min.

Aparato e Ambiente

O estudo era conduzido em uma sala (3 m x 5 m) com janelas cobertas com papel cartão de tal forma que a quantidade de luz dentro da sala (entre 320-640 lux) fosse mais precisamente controlada por duas luzes fluorescentes brancas de teto (GE F32T8/BF, 4100 K). Um computador com processador i3, 2GB (DDR3 RAM), sistema operacional GNU/Linux, executava os programas de coleta. As duas câmeras de um rastreador monocular

(Pupil Dev) eram conectadas a duas portas USB 3.0 do computador por meio de cabos de extensão USB 3.0. O programa Pupil Capture (licenciado sob LGPL3), controlava a rotina de calibragem e as câmeras do rastreador registrando o cenário e os movimentos oculares. O programa Stimulus Control (Picanço, 2018, licenciado sob GPL3), controlava o registro de respostas a um botão, o registro e a apresentação de sons por meio de auto-falantes e dos estímulos visuais por meio de uma tela (1280 x 768 pixels).

Durante as sessões, um retroprojektor (NEC-V260R) projetava a tela em uma parede, o topo da tela localizando-se a uma altura de aproximadamente 1.15 m do chão. Um participante sentava de frente para a tela em uma cadeira de escritório à 2.40 m de distância da parede de tal forma que a projeção ocupava 17 e 10 graus de seu ângulo de visão horizontal e vertical, respectivamente. Uma campainha e um teclado foram integrados e serviram como botão de respostas. O botão, conectado a uma porta USB 2.0 do computador, podia ser apertado com o polegar. Uma resposta era contabilizada quando o botão levantava após ser pressionado (massa mínima de 50 g para pressionar o botão para baixo); um som (*click*) era produzido pelo botão ao ser apertado. Ao sentar, os participantes eram incentivados a buscar uma postura confortável. Em seguida um descanso para o queixo era ajustado ao corpo do participante, independente da postura escolhida. O descanso para o queixo, de altura regulável, estava montado sobre uma armação de tubos de aço (*metalon*) e o participante vestia o rastreador como um óculos e apoiava a cabeça no descanso para o queixo, como mostra a Figura 1.

Procedimento

A coleta ocorreu entre os dias 19 e 27 de maio de 2015. Um delineamento de sujeito único com três fases (ABA) era conduzido em uma única sessão, cada fase com duração aproximadamente de 5 min. Antes do início do experimento, os participantes recebiam instruções preliminares e a calibragem do rastreador era realizada. Instruções adicionais eram

apresentadas antes do início de cada fase do delineamento e, quando necessário, uma nova calibragem era realizada.



Figura 1. Equipamento usado nos estudos. Os equipamentos usados eram idênticos aos da figura, com exceção do tamanho da sala e de uma câmera do olho mais recente. A figura mostra a câmera do mundo, a câmera do olho, o suporte de cabeça (Pupil Dev), o clipe de sustentação dos cabos, o retroprojeto e o descanso para o queixo.

Durante cada fase, duas formas geométricas estavam presentes todo o tempo na tela: um quadrado à esquerda do centro e um círculo à direita do centro, como mostra a Figura 2. Cada fase consistia de uma série cíclica de quatro momentos que diferiam apenas em relação à cor do quadrado e do círculo. A Figura 2 mostra também como as cores mudavam durante os cinco primeiros momentos (correspondentes aos quatro primeiros momentos do primeiro ciclo e ao primeiro momento do segundo ciclo). Nos momentos de um a quatro, as cores do quadrado e do círculo eram, nesta ordem: 1) vermelho e verde; 2) vermelho e ciano; 3) azul e ciano e; 4) azul e verde. Porque a série era cíclica, o quinto momento do segundo ciclo era igual ao primeiro momento do primeiro ciclo, e assim por diante. Da perspectiva do participante as cores mudavam primeiro à esquerda, depois à direita, e assim por diante, pois quadrado e círculo estavam sempre presentes na mesma posição e não havia intervalo entre os momentos.

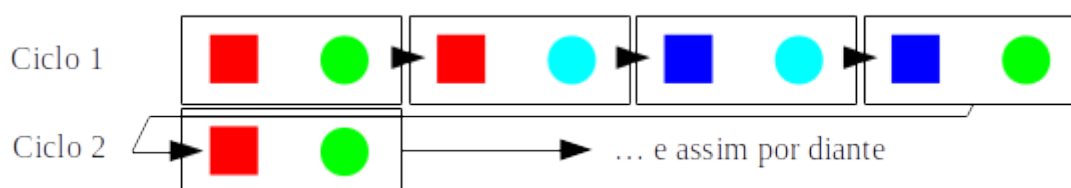


Figura 2. Ilustração da ordem de apresentação dos estímulos. Cada linha representa um ciclo, cada painel representa um momento.

Por simplicidade, a duração de cada momento não é apresentada na Figura 2. De fato, embora a ordem de apresentação fosse fixa, cada momento possuía duração randômica (média 15 s; mín. 10 s; máx. 20 s). Como a duração total de cada fase era fixada em 5 min, o número exato de momentos variava por fase, mas no mínimo 36 momentos ocorriam (o que corresponde a nove ciclos).

As fases variaram apenas as contingências de reforçamento da resposta de pressão ao botão. Durante a primeira fase, a linha de base do experimento (A'), todas os apertos ao botão produziam um som de caixa registradora como consequência (cuja função de reforço era

estabelecida por meio das instruções iniciais). Durante a segunda fase (B), apertos ao botão permaneciam produzindo o reforço quando o quadrado à esquerda estava vermelho (S+), mas não produziam reforço quando ele estava azul (S-). Frisa-se, o quadrado sempre estava à esquerda, as cores alternando no círculo eram distrativas e não possuíam consequências programadas. A função dos estímulos distrativos era de induzir a ocorrência de alternância do olhar entre esquerda e direita e vice-versa.

Rotina de rastreamento ocular

O método de calibragem utilizado foi o *Natural Features Calibration* do Pupil (cf. Apêndice B). Nesse método, o operador do sistema pede ao participante para olhar na direção de aspectos fixos no cenário e coleta os pontos de referência clicando na posição desses aspectos na pré-visualização do vídeo do cenário (na janela da câmera do mundo do Pupil Capture). A seguir, por uma questão de economia, embora diferentes, os pontos de referência coletados são tratados como se fossem os próprios aspectos fixos reais do cenário.

Os pontos de referência eram 15 pontos distribuídos na tela de fundo branco formando três linhas e cinco colunas. O operador iniciava o procedimento apresentando os pontos e falando ao participante: “Olhe para cada ponto de acordo com o meu comando”. O operador então apontava para os pontos de referência na tela, da esquerda para a direita, de cima para baixo nomeando os pontos em voz alta “Este é o ponto número 1, este o 2, 3 ... É bem fácil, como na ordem de leitura da esquerda para a direita, de cima para baixo. Olhe para o ponto apenas quando eu falar o número. Caso você se antecipe eu irei avisá-lo e pedirei para olhar novamente.” Instruções de postura relativas ao descanso para o queixo eram então fornecidas: “Tente encontrar uma posição o mais confortável possível e se posicione assim [o operador então auxiliava o participante a encontrar uma posição estável no descanso para o queixo]”. Quando o participante parecia estável e sem sinais nítidos de tensão muscular sobre o pescoço, costas, braços e pernas, o experimentador falava “permaneça com a cabeça o mais

imóvel possível a partir de agora” e iniciava os comandos “Olhe para o 1”, “2” e assim por diante, clicando nos pontos de referência correspondentes na pré-visualização do cenário no programa Pupil Capture. Ao final, se o programa de calibragem reportasse 85% ou mais pontos de referência efetivamente utilizados e se o gráfico da área de calibragem contivesse não mais do que três pontos com *outliers* sobrepostos, o procedimento de calibragem era encerrado com sucesso. O operador estava treinado a executar tal procedimento antes de sua aplicação e permanecia com um protocolo à vista para livre conferência.

Após a calibragem e antes da primeira fase, as seguintes instruções eram apresentadas na tela:

“Olá, obrigado por participar dessa pesquisa. Isto não é um teste de inteligência ou de personalidade. A sua tarefa é ganhar pontos apertando o botão. Você ouvirá um som ao ganhar pontos, ao contrário não ouvirá o som. Não é possível perder pontos. Lembre-se, você pode apertar o botão livremente. Quanto mais sons você produzir, mais pontos você ganhará. Aperte o botão para começar!”

Ao final da primeira fase a mensagem “Hora da pausa!” era apresentada. Caso o calibragem houvesse deteriorado, uma nova calibragem era realizada. Caso não, a fase seguinte era apresentada. Antes do início dessa fase apenas a frase “Aperte o botão para começar!” era apresentada, o que se repetia na fase final (A”).

Análise de dados

Antes de analisar os dados reportados pelo Pupil, o programa Pupil Player, com a adição de um módulo customizado (Apêndice B, seção “Automatizando coleta e análise de dados”), era usado para a detecção da tela de referência e para a transformação homográfica dessa tela para um plano retangular sem distorções de trapézio. Em seguida, todos os pontos fora da tela de referência eram excluídos e a correção do centro da tela era realizada (como detalhado no Apêndice B, seção “Otimizando a qualidade dos dados”). Um estímulo foi

considerado “observado”, tanto o quadrado à esquerda quanto o círculo à direita, sempre que a distância entre o ponto de gaza e o centro do estímulo era menor do que a metade da distância horizontal entre o centro dos dois estímulos (na Figura 1, tais limites correspondem aos círculos no painel 4).

Por que o número de momentos em um ciclo variava, apenas a análise dos primeiros 36 momentos foi reportada. Ainda assim, ao incluir os outros momentos nas análises, as conclusões aqui reportadas não se alteravam. Finalmente, dois participantes (P5 e P8) não mostraram um responder discriminado ao botão durante a fase experimental (B), quando havia reforço para o S+ e extinção para o S-. Seus resultados, conseqüentemente, foram descartados e a análise prosseguiu apenas com os outros seis participantes. As análises e figuras foram feitas em Python por meio da biblioteca Matplotlib (Droettboom et al., 2017; Hunter, 2007). Parte das figuras também foi feita com o Gnuplot (Williams & Kelley, 2016) e Inkscape (www.inkscape.org). As análises estatísticas foram feitas em R (R Core Team, 2017).

Resultados e Discussão

A Figura 3 mostra a proporção de apertos ao botão na presença do S+ (i.e., o número de respostas ao S+ sobre o número total de respostas ao S+ e S-) ao longo dos momentos do experimento. Pontos pretos representam médias do grupo enquanto que linhas verticais tracejadas indicam mínimo e máximo. Começando abaixo de 0.50, a proporção média de apertos ao botão no S+ permaneceu indiferente ao final primeira linha de base (A'), quando apertos ao botão sempre produziam reforço tanto para o quadrado vermelho (S+) quanto para o quadrado azul (S-). A proporção média chegou rapidamente a 1.00 na fase experimental (B), quando S+ produzia reforço e S- não (extinção), retornando à indiferença no fase final (A''), quando apertos ao botão durante S+ e S- voltavam a produzir reforço. Diferenças notáveis nos valores máximos ao longo dos ciclos refletem o fato de que nem todos os

participantes mudavam seu comportamento simultaneamente. Portanto, no começo da Fase B a proporção de respostas de um participante (P3) ficou atrás da proporção dos outros, mudando apenas por volta do quarto ciclo dessa fase, enquanto na fase final (A'') a proporção de respostas de outro participante (P6) permaneceu alta, indicando que ele persistiu não respondendo ao S- durante o retorno à linha de base (A'').

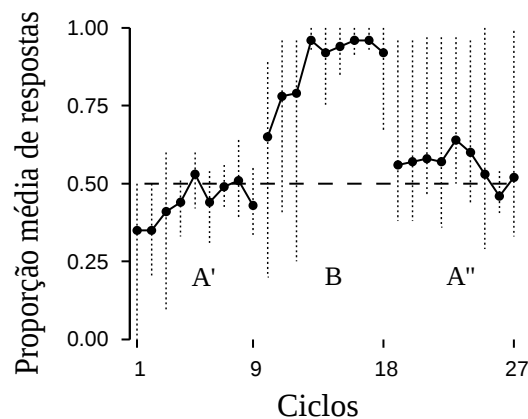


Figura 3. Proporção de apertos ao botão (calculada como o número de apertos no S+ sobre o total de apertos no S+ e S-) ao longo dos ciclos do experimento. Pontos pretos indicam média do grupo. Linhas verticais indicam a proporção máxima e mínima do grupo quando acima ou abaixo do ponto, respectivamente.

A Figura 4 mostra como os participantes diferiram quanto ao seu comportamento ocular ainda durante a primeira fase de linha de base. A variável dependente nessa figura é a proporção de pontos de gaza à esquerda (i.e., o número de pontos de gaza à esquerda sobre o número total de pontos de gaza à esquerda e à direita) a cada momento de um ciclo. As linhas sólidas representam a proporção de pontos de gaza à esquerda durante os momentos nos quais a cor que havia mudado estava à esquerda (momentos ímpares) enquanto que as linhas pontilhadas representam a proporção durante os momentos nos quais a cor que havia mudado estava à direita (momentos pares). P1 olhava sincronizadamente e consistentemente à esquerda nos momentos ímpares e à direita nos momentos pares, pois, a proporção do olhar sobre o estímulo à esquerda quando havia uma mudança na esquerda esteve sempre próxima

de 1.00 (salvo nos primeiros segundos da sessão) e a proporção do olhar à esquerda quando havia uma mudança à direita estava sempre próxima de zero. A partir daqui este padrão de olhar será chamado de “sincronizado”. Contrariamente, P6 não demonstrou um olhar sincronizado, pois durante os momentos pares e ímpares (Figura 4, linhas sólidas e tracejadas, respectivamente) o olhar variava irregularmente (exceto no momentos iniciais).

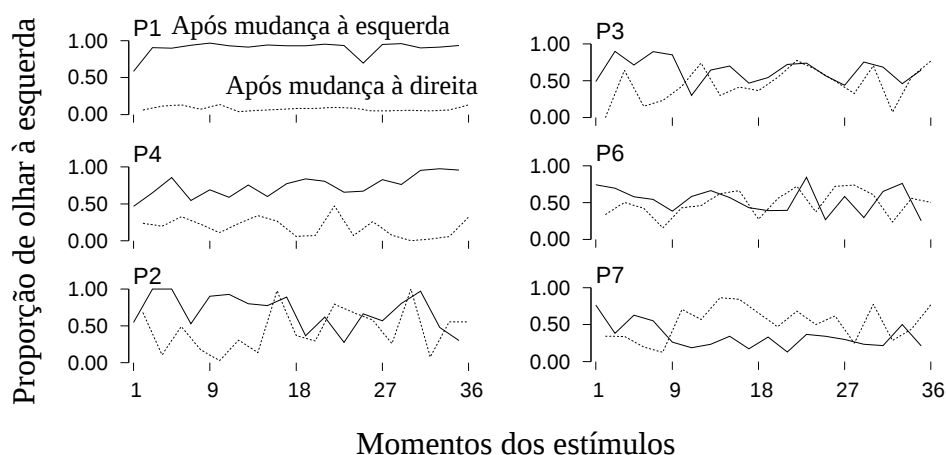


Figura 4. Proporção de olhar à esquerda de P1 e P6 ao longo dos momentos da primeira linha de base. O estímulo à esquerda mudava em momentos ímpares (linha sólida e linha com pontos pretos) e o estímulo à direita mudava em momentos pares (linha tracejada e linha com pontos vazados). A cada momento, valores próximos de 1.00 indicam mais olhares à esquerda, valores próximos de zero indicam mais olhares à direita e valores próximo de 0.50 olhares equilibrados para esquerda e direita.

Uma outra maneira de medir o quanto um olhar era sincronizado com as mudanças de cor é calcular um índice a partir da diferença entre a proporção média nos momentos ímpares e a proporção média nos momentos pares. Valores próximos de 1.00 indicam sincronização positiva, próximos de zero sincronização nula e próximo de -1.00 sincronização inversa. No caso de P6, por exemplo, essa diferença ficava próxima de zero (0.03), o que era esperado ao se conferir as linhas sólidas e tracejadas sobrepostas na Figura 4. Calculada entre participantes, essa medida resultava em média de 0.28, mínimo de -0.21 (para P7) e máximo de 0.84 (para P1). Os painéis da Figura 4 foram ordenados de acordo com esse índice (de cima para baixo, da esquerda para a direita).

Note, porém, ainda que a sincronização do olhar tenha variado entre todos os participantes, todos eles iniciaram olhando mais à esquerda quando o estímulo mudava à esquerda e mais a direita quando o estímulo mudava à direita, pois as linhas sólidas sempre começavam acima das linhas tracejadas. O olhar não sincronizado, quando ocorreu, foi mais comum a partir do segundo terço da sessão.

A Figura 5 foca sobre outro aspecto dos resultados, a proporção de alternância do olhar entre estímulo distrativo e S- ou S+ durante a fase experimental. Uma alternância do olhar era contabilizada sempre que o ponto de gaza estava sobre estímulos diferentes ao comparar duas imagens sucessivas. Essa figura mostra que o aumento da alternância durante a extinção foi mais notável com os resultados de P1 e P4 (mais detalhes a seguir). As linhas na Figura 5 representam a proporção de alternâncias por segundo na presença do S- sobre o total de alternâncias durante o S- e o S+ ao longo dos ciclos. Para facilitar a inspeção visual, as curvas foram suavizadas com uma média móvel de três pontos.

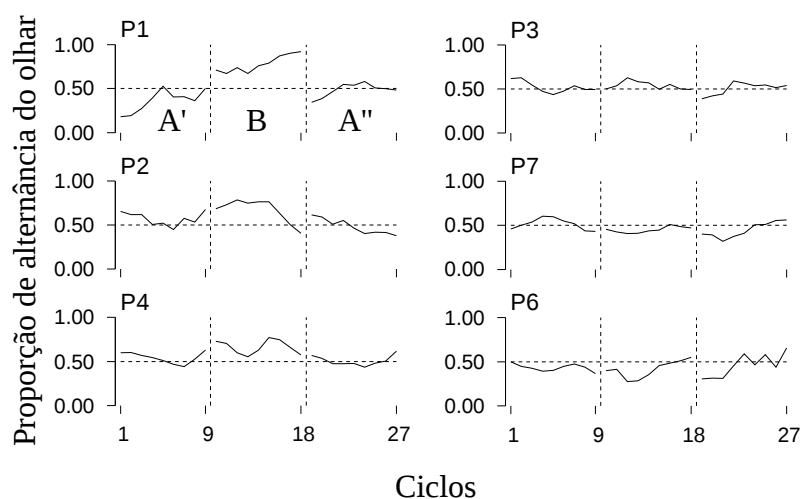


Figura 5. Proporção de alternância do olhar durante o S+ ao longo dos ciclos do experimento. Os dados foram suavizados com uma média móvel de três pontos.

No início da fase de linha de base, a alternância do olhar de P1 foi maior durante o S+ do que durante o S- (Figura 5, painel A'). É possível interpretar essa diferença como um efeito incondicional das cores apresentadas, porque nesse ponto S+ e S- não estavam

associados a contingências diferentes; de fato, a taxa de alternância durante S+ e S- convergiu por volta do final da fase. Na fase experimental (B), a alternância durante o S+ permaneceu idêntica à fase anterior, mas durante o S- aumentou notavelmente. Na terceira fase (A''), a alternância do olhar retorna ao nível da primeira linha de base.

Na fase de linha de base (A'), a alternância do olhar de P4 (Figura 5) foi igualmente baixa, mas durante a fase experimental (B) aumentou notavelmente durante o S- . Na fase seguinte (A''), a alternância durante ambos S+ e S- aumentou, resultando em uma proporção semelhante ao do nível de base.

De maneira mais geral, a magnitude da alternância induzida por extinção (como documentada na Figura 4 para os participante P1 e P4) pode ser mensurada criando-se um índice a partir da diferença, durante a Fase B, entre a taxa média de alternância durante o S- e a taxa média de alternância durante o S+. Valores próximos de 1.00 representam mais indução pelo S-, próximos de zero indicam indução indiferente e valores negativos representam mais indução pelo S+. Entre os participantes, essa medida resulta em média de 0.18 alternâncias por segundo, mínimo de -0.24 (P6) e máximo de 0.99 (P1). Os painéis da Figura 5 foram ordenados de acordo com esse índice (de cima para baixo, da esquerda para a direita).

A Figura 6 mostra a relação entre duas medidas, o olhar sincronizado na primeira fase de linha de base (sobre o eixo x) e a alternância induzida por extinção na fase experimental (sobre o eixo y), cada ponto representando um participante diferente. Essas duas medidas estavam fortemente correlacionadas ($R = .91$, $t(4) = 4.43$, $p = .01$), com o declive de uma regressão linear ordinária igual a 1.12. Essa relação sugere que diferenças na alternância do olhar durante a fase experimental poderiam ter sido previstas a partir de diferenças no repertório de observação de um participante ainda no início do experimento.

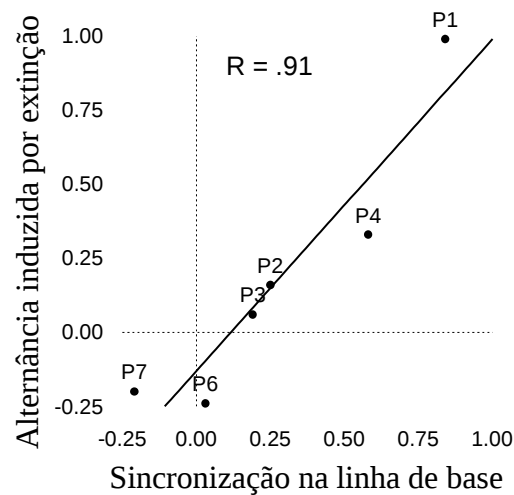


Figura 6. Relação entre a medida de sincronização durante a linha de base e a medida de alternância do olhar induzida por extinção. Cada ponto representa um participante diferente. A linha sólida foi ajustada por uma regressão linear ordinária.

Finalmente, a Figura 7 mostra como a proporção de olhar mudou durante S+ e S- ao longo do experimento (dados suavizados com uma média móvel de 3 pontos). Valores próximo de 1.00 representam olhares mais à esquerda, valores próximos de 0.50 representam olhar equilibrado à esquerda e à direita, e valores próximos de zero representam mais olhares à direita. Essa figura mostra que P1 e P4 foram os participantes com diferenças mais consistentes na alternância do olhar durante S+ e S- na fase experimental (B). Nas fases de linha de base (A' e A''), a proporção do olhar de P1 e P4 durante o S+ e S- permaneceu equilibrada. A proporção de olhar à esquerda de P1 aumentou notavelmente durante o S+ no início da fase experimental (Figura 7, painel central B), mas retornou ao equilíbrio ao final dessa fase (B). A proporção do olhar à esquerda de P4 aumentou durante ambos, S+ e S-, no começo da fase experimental (B), mas ao final permaneceu acima de 0.75 durante o S+ e retornou ao equilíbrio durante o S- (Figura 7, painel central B).

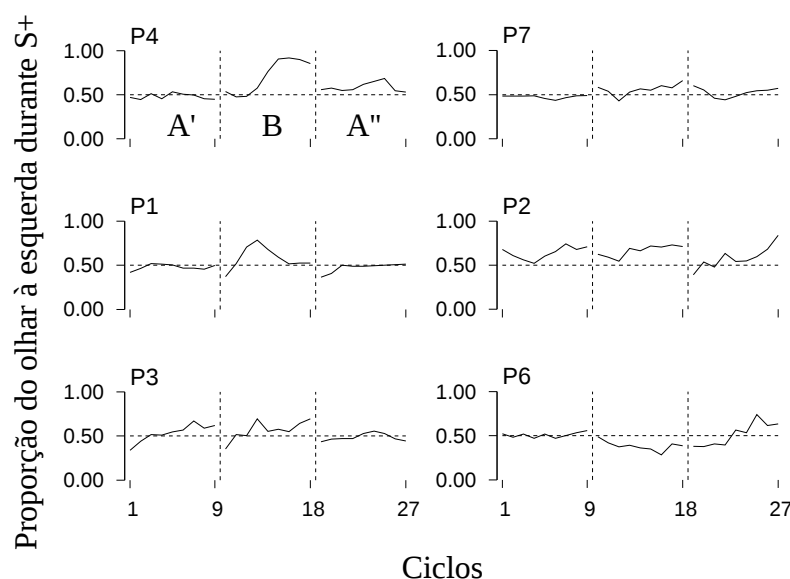


Figura 7. Proporção do olhar de P1 (topo) e P4 (base) à esquerda ao longo dos ciclos. S+ (linhas sólidas) e S- (linhas tracejadas) são plotados separadamente. Os dados de cada linha foram suavizados com uma média móvel de três pontos.

A Figura 7 também permite extrair um índice de observação do S+ tomando a diferença entre a proporção média de olhar à esquerda durante o S+ na Fase B e a proporção média de olhar à esquerda durante o S+ em ambas Fase A' e Fase A''. Os painéis da Figura 7 foram ordenados de acordo com esse índice (de cima para baixo, da esquerda para a direita). Índices maiores do que um indicam mais olhares à esquerda durante a fase experimental. Índices próximos de zero sugerem olhares à esquerda indiferentes entre linha de base e fase experimental. Índices negativos indicam mais olhares à esquerda durante a linha de base. O índice foi positivo para os participantes P4, P1, P3, P7, e P2 ($M = 0.09$, intervalo = $[0.05, 0.18]$) e negativo no caso de P6, com o valor de -0.11 . Para os cinco participantes que mostraram um índice positivo de observação do estímulo à esquerda durante o S+, o cálculo do mesmo índice durante o S- retornou valores menores em todos os casos ($M = 0.02$, intervalo = $[-0.06, 0.11]$), diferença estatisticamente significativa confirmada por um teste t pareado bicaudal ($t(4) = 2.76$, $p = .05$).

Esses resultados fornecem alguma evidência de que houve um efeito do reforçamento condicionado específico à observação do S+ durante a Fase B. A evidência no nível do grupo é fraca, mas ela não é nenhuma surpresa considerando o uso de reforçamento contínuo (ao invés de intermitente), mais o fato de que as mudanças dos estímulos distrativos à direita competiam por atenção com mudanças à esquerda. A observação do S+ durante a Fase B estava correlacionada positivamente com a sincronização durante a linha de base ($R = .57$). Embora estatisticamente não significativa ($t(4) = 1.39$, $p = 0.24$), essa correlação é consistente com os resultados da Figura 7, a qual mostra uma forte correlação ($R = .91$) estatisticamente significativa entre sincronização do olhar na linha de base e alternância do olhar induzida por extinção durante a fase experimental. Essa correlação estatisticamente significativa talvez seja mais importante do que a fraqueza do condicionamento do reforço por estímulos visuais. Estudos de rastreamento ocular com humanos, relacionando observação e reforçamento geralmente reportam variabilidade entre sujeitos (Tomanari et al., 2007, Figura 5). Os dados aqui reportados sugerem que ao menos parte dessas diferenças pode ser explicada por diferenças iniciais nos repertórios de olhar sincronizadamente às mudanças apresentadas por um estudo. Aprofundar o estudo desse último assunto não irá eliminar a variabilidade, mas pode melhorar sua compreensão.

Os aspectos centrais mostrados na Figura 7 são consistentes com as previsões da teoria do reforçamento condicionado da observação (Dinsmoor, 1983; Fantino, 1977). No presente estudo, o estímulo S+ correlacionado com reforço na Fase B, atraiu o olhar dos participantes enquanto que o estímulo S- correlacionado com extinção atraiu menos (P4) ou nada (P1). O aumento parcial do olhar à esquerda de P4 durante o S- na Fase B pode ser consequência do fato de que os estímulos correlacionados com reforço e extinção sempre estavam à esquerda. De qualquer forma, a observação do quadrado vermelho (S+) aumentou durante a Fase B embora as consequências de pressionar o botão na presença desse estímulo

nunca tenham mudado; o que mudou foi a associação do quadrado azul com extinção. Portanto, é possível dizer que o efeito positivo do quadrado vermelho sobre a observação não dependia do pareamento com a consequência (porque o reforço sempre esteve presente), mas de ele ser informativo³ sobre ela (Gibbon, Berryman, & Thompson, 1974; Rescorla, 1967, 1972; Shahan & Cunningham, 2015).

Os dados reportados não foram planejados para avaliar a questão teórica sobre se olhar na direção do S+ foi realmente reforçado, ou meramente evocado, por estímulos correlacionados com o reforçamento operante (Bindra, 1974; Cowie & Davison, 2016; Shahan, 2010). De qualquer forma, os efeitos observados a respeito do S+ (Figura 7) são dignos de nota, pois estavam presentes em uma escala de segundos, comparativamente aos minutos e horas que são típicos de estudos sobre observação com animais não-humanos. O desaparecimento ou enfraquecimento desse efeito após alguns momentos (Figura 7, painel P1, centro) podem ser específicos do olhar natural (em oposição a respostas de observação análogas por meio de dispositivos) e podem refletir a habituação do responder ocular na presença de estímulos repetitivos (Colombo & Mitchell, 2009).

Finalmente, o estudo não foi planejado para extrair as conclusões mais gerais ou mais robustas sobre a observação, mas tão somente para estabelecer a viabilidade do Pupil Dev monocular como uma plataforma de pesquisa analítico comportamental que permite extrair algumas medidas de observação. O sistema gera resultados consistentes (e.g., Figura 7), contanto que correções apropriadas sejam conduzidas. Portanto, este equipamento assim como as estratégias gerais de análise de dados desenvolvidos neste estudo servirão de base para os estudos subsequentes.

³ A teoria da informação clássica possui predições que contrastam com as predições da teoria da redução do atraso quanto aos efeitos do reforço condicionado. Contudo, a reformulação formal de Shahan & Cunningham (2015) da teoria da informação, inspirada por aplicações dela ao condicionamento pavloviano, conduziu a predições semelhantes àquelas da redução do atraso.

Estudo 2

Após demonstrar-se que o efeito de aspecto positivo poderia ser replicado com pombos e diferentes configurações de estímulos (Jenkins & Sainsbury, 1969, 1969; Sainsbury, 1969, 1971; Sainsbury & Jenkins, 1967), o curso natural da pesquisa seria demonstrar que o efeito também ocorria com participantes humanos. Por exemplo, Sainsbury (1971b, 1973), com crianças, e Norton, Muldrew e Strub (1971), com crianças e adultos, replicaram o efeito.

Sainsbury (1971b, 1973), registrou respostas de observação, inferindo-as a partir de respostas como “apontar com o dedo” (1971b) ou “pressionar uma chave” (1973). Em ambos os estudos de Sainsbury, mensurava-se a observação por meio de respostas de orientação ou manipulação de dispositivos externos. Os participantes observavam mais o estímulo distintivo durante arranjos AB+/AA- e menos durante arranjos AA+/AB-.

O presente estudo teve como objetivo a) replicar o efeito de aspecto positivo com participantes humanos e; b) replicar o efeito diferencial de observação, mas tomando como medida de observação o olhar natural, mensurado a partir de movimentos oculares. O estudo também incorpora as três características metodológicas que, segundo Dinsmoor (1985), favorecem a ocorrência de um efeito de aspecto positivo mais expressivo com pombos. No presente estudo o aspecto distintivo mudava de lugar tentativa à tentativa (Sainsbury, 1971), possuía um contraste reduzido em relação ao fundo e era um pequeno detalhe no arranjo de estímulos.

Método

Participantes

Vinte e cinco estudantes universitários concordaram em participar de um estudo sobre “rastreamento de visão e aprendizagem” assinando um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice C). O estudo foi aprovado (CAAE: 35142814.0.0000.5172) pelo

comitê de ética regional que regulava a participação de humanos em pesquisas científicas. Todos os estudantes eram de cursos de graduação exceto psicologia e relataram ter visão normal. O método de recrutamento foi por abordagem pessoal entre 9h e 11h ou entre 13h e 17h, de acordo com o protocolo descrito no Apêndice D. O propósito do estudo era informado ao final da participação. A duração total, desde a abordagem inicial até a finalização da participação, era de aproximadamente 30 min.

Os dados de três participantes foram excluídos do estudo. Um deles confirmou ter astigmatismo apenas ao final da participação, relatando que, até aquele momento, considerava sua visão normal. Dois deles não seguiram as instruções planejadas e relataram ter decidido apertar o botão sempre, seja porque “não queria ficar sem produzir pontos” ou porque “não fazia diferença deixar de apertar”.

Os vinte e dois participantes remanescentes foram divididos entre dois grupos de onze. O primeiro grupo, o grupo de aspecto positivo, era formado por sete homens e quatro mulheres com idade média de 22.64 anos (mín. 18, máx. 35). O segundo, o grupo de aspecto negativo, era formado por seis homens e cinco mulheres com idade média de 24.09 anos (min. 19, max. 32).

Aparato e Ambiente

Idêntico ao Estudo 1, exceto quanto à câmera do olho do rastreador ocular (neste estudo a taxa de amostragem da câmera do olho era de 100 imagens por segundo), ao tamanho da sala na qual as tarefas eram conduzidas e à posição e ao tamanho relativo da tela de referência. Ao entrar na sala (3 m x 2 m), um participante sentava de frente para a tela em uma cadeira de escritório à 2.20 m de distância da parede de tal forma que a projeção ocupava 30 e 19 graus de seu ângulo de visão horizontal e vertical, respectivamente. Os estímulos (Figura 8) eram apresentados diretamente na tela.

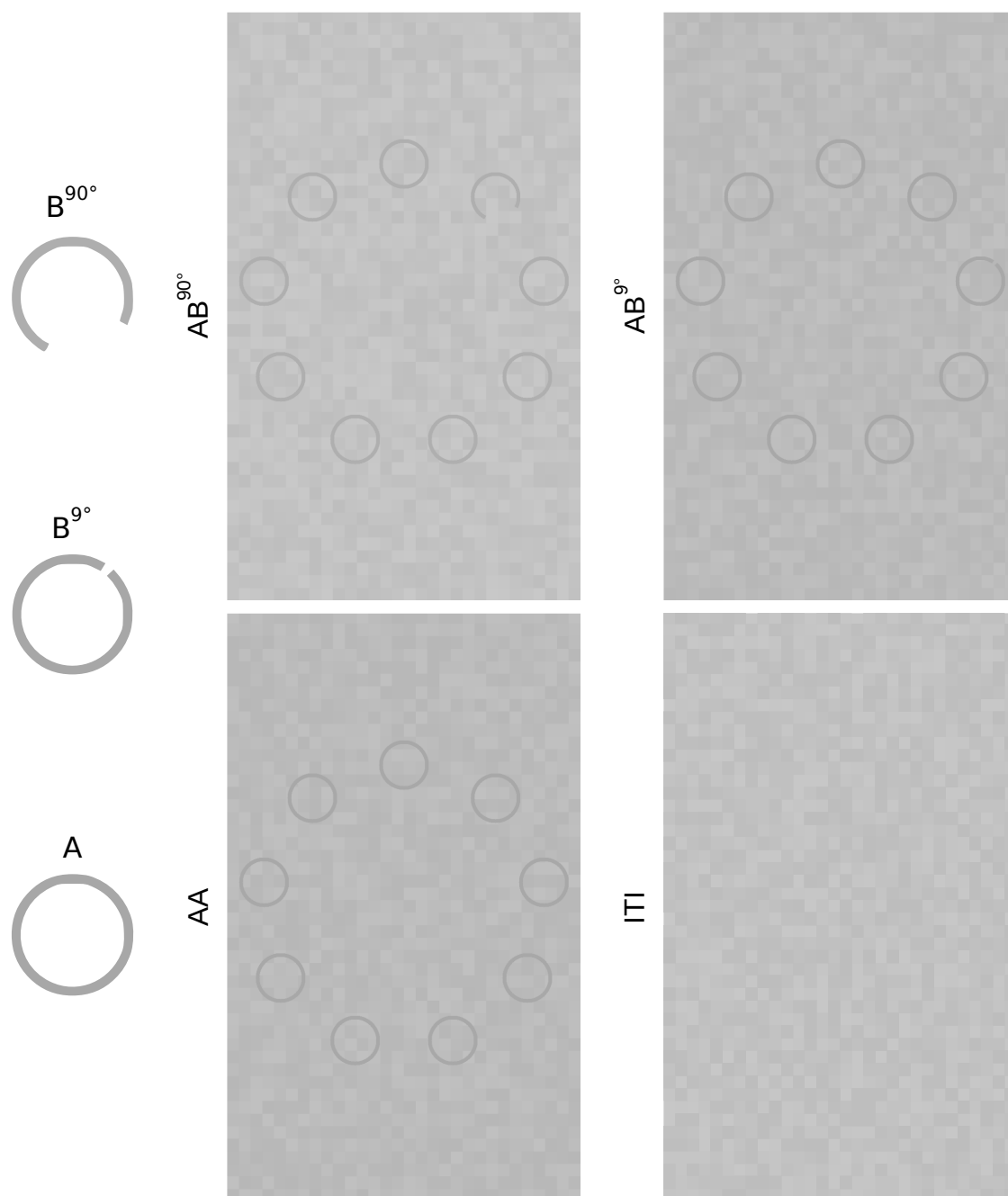


Figura 8. Estímulos e arranjos apresentados. Ilustra-se a tela durante o intervalo entre tentativas (ITI) e durante os arranjos compostos por elementos comuns (A) e distintivos (B). O elemento distintivo com abertura de nove graus (B^{9°) foi utilizado no Estudo 2 e com noventa graus (B^{90°) no Estudo 3. A direção angular da abertura de um elemento distintivo variava aleatoriamente entre tentativas. Note a relação de menor contraste entre elementos e fundo nos arranjos AA, AB^{90° e AB^{9° por consequência de seus tons de cinza.

Estímulos

Os arranjos apresentados eram compostos por circunferências desenhadas sobre um fundo formado por uma matriz (47 x 30) de tons de cinza aleatórios, como ilustrado na Figura 8. Circunferências completas eram os elementos comuns (A) e circunferências com aberturas de 90° eram os elementos distintivos (B). Embora a angulação da abertura fosse sempre a mesma, a orientação angular da abertura variou aleatoriamente entre 1° e 360°. O cinza dos elementos possuía sempre a mesma luminosidade (59, hexadecimal 969696) enquanto o cinza do fundo possuía luminosidade média de 76.5 (mín. 75, máx. 78).

Procedimento

Um delineamento de grupo foi conduzido com o grupo de aspecto positivo e o grupo de aspecto negativo. A coleta de ambos os grupos ocorreu entre os dias 6 e 16 de novembro de 2017. Uma tarefa de discriminação simples sucessiva com duração de ~ 14 min. era apresentada a cada participante de cada grupo. Cada tarefa era precedida por instruções preliminares, um pré-treino ao botão, um ajuste postural dos participantes, uma rotina de calibragem do rastreador e um treino ao botão, nesta ordem, conforme descrito nas seções seguintes.

Instruções preliminares

Após assinar o termo de consentimento, o participante entrava na sala e encontrava instruções projetadas na tela. Essas instruções tinham o objetivo de estabelecer a função do estímulo reforçador (o som) e de orientar o participante sobre como proceder durante a tarefa. Especificamente, esperava-se que elas induzissem um padrão de apertos ao botão com muitas respostas no início da tarefa, tanto no S+ quanto no S-, seguida da redução de respostas durante o S-, padrão comparável ao de bicadas de pombos nos estudos clássicos. Após sentar-se na cadeira, o participante era convidado a ler as instruções do Quadro 1 em voz alta.

O experimentador, então, respondia qualquer dúvida do participante sobre as instruções e sondava a compreensão delas oralmente por meio das seguintes perguntas (P1, P2, P3, P4 e P5) esperando respostas contendo algumas palavras-chave (R1, R2, R3, R4 e R5):

P1: “Qual o seu objetivo na tarefa?” (R1: fazer, som, dinheiro). P2: “O que você deve fazer para produzir o som?” (R2: apertar, botão). P3: “Quando você deve apertar o botão?” (R3: presença, formas). P4: “Quando é melhor não apertar o botão?” (R4: outras, formas.) P5: “Por que é melhor não apertar o botão durante essas outras formas?” (R5: sem, som.)

Obrigado por sua participação.

Por favor, leia em voz alta:

Isto não é um teste de inteligência ou de personalidade. Durante esta sessão, primeiro o equipamento será calibrado e em seguida você fará uma tarefa na qual várias formas serão apresentadas na tela. Seu objetivo é produzir o som de dinheiro.

QUANDO ALGUMAS FORMAS ESTIVERAM PRESENTES, APERTAR O BOTÃO PRODUZIRÁ O SOM. OBVIAMENTE, NA PRESENÇA DESTAS FORMAS VOCÊ DEVERÁ APERTAR O BOTÃO.

PORÉM QUANDO OUTRAS FORMAS ESTIVERAM PRESENTES, APERTAR O BOTÃO NÃO PRODUZIRÁ O SOM. PORTANTO, NA PRESENÇA DESSAS OUTRAS FORMAS É MELHOR NÃO APERTAR.

LEMBRE-SE, QUANDO A TAREFA COMEÇAR NÃO HAVERÁ OUTRAS INSTRUÇÕES PORTANTO NÃO FIQUE ESPERANDO DEMAIS. SE ESPERAR DEMAIS VOCÊ NUNCA PRODUZIRÁ NADA.

Quadro 1. Instruções apresentadas aos participantes. A última instrução não foi apresentada aos participantes P1 e P2, ela foi introduzida *a posteriori*, pois alguns participantes (dados não apresentados) iniciavam e permaneciam sem pressionar o botão durante minutos. P1 e P2 fizeram parte desse estudo preliminar, mas como o comportamento deles apresentou o padrão esperado, seus dados foram incluídos nas análises deste estudo.

Se uma resposta fosse incorreta, o experimentador relia a instrução que continha a resposta e reiniciava a sonda de compreensão do início até que todas as respostas fossem

corretas. As instruções não foram reiniciadas mais de três vezes, mas caso o tivessem a participação teria sido encerrada. Em seguida, realizava-se um pré-treino ao botão.

Pré-treino ao botão

O experimentador primeiramente demonstrava ao participante como o botão deveria ser apertado frisando que, (a) na presença das formas; (b) o botão deveria ser apertado várias vezes quando achasse que devesse apertar; (c) que apertá-lo apenas uma vez não era bom; (d) que ele não devia manter o botão pressionado para baixo, pois isso não contabilizava um aperto. O ponto (a) tinha o objetivo de evitar respostas durante o intervalo entre tentativas e os outros pontos tinham o objetivo de induzir um padrão inicial com alta taxa de respostas (tal como descrito na seção Instruções Preliminares). O participante, então, tinha a oportunidade de apertar livremente o botão, eventualmente sendo corrigido pelo experimentador quanto aos pontos (b), (c) e (d) e sendo lembrado do ponto (a).

Ajuste postural

Após o treino ao botão, o experimentador vestia o rastreador no participante e o descanso para o queixo era ajustado ao corpo dele. Em seguida, ele era incentivado a buscar uma postura confortável. Se a postura escolhida apresentasse sinais nítidos de tensão muscular, ele era incentivado a procurar uma nova posição e um novo ajuste era feito no descanso. Ao encontrar uma nova posição, o experimentador sentava-se em uma cadeira localizada atrás do participante e ajustava os parâmetros da janela do olho (retângulo de interesse e parâmetros do algoritmo de detecção pupilar) no programa de registro de movimentos oculares (Pupil Capture: ver Apêndice B) com o objetivo de assegurar boa detecção pupilar. A rotina de calibragem era iniciada assim que a detecção pupilar se mostrasse estável.

Rotina de calibragem

O método de calibragem *Screen Based Calibration* do Pupil Capture (ver Apêndice B, seção “Calibragem de rastreadores monoculares”) foi adaptado com o objetivo de permitir que o próprio participante conduzisse a amostragem dos pontos da tela de referência. Esse método tem sido chamado na literatura de *Participant Driven Calibration*, quando a amostragem dos pontos de referência da calibragem é conduzida pelo próprio participante. Esse método tem produzido melhores resultados quando comparado a métodos que realizam a amostragem de maneira totalmente automática ou exclusivamente por meio dos operadores do sistema de rastreamento (Nyström, Andersson, Holmqvist, & van de Weijer, 2013). Na calibragem conduzida pelo participante, o operador do sistema instrui o participante a olhar no centro de círculos concêntricos e a apertar um botão quando o fizer. O sistema, paralelamente, detecta o centro desses círculos, mas conduz a amostragem apenas após o participante apertar o botão. (Por uma questão de economia, embora diferentes, os pontos de referência coletados serão tratados como se fossem os próprios círculos concêntricos reais do cenário.)

O operador iniciava a calibragem apresentando um único ponto no centro da tela e falando ao participante: “Essa é a etapa de calibragem sobre a qual eu lhe falei. Lembre-se, isso não tem nada haver com a tarefa e serve apenas para calibrar o sistema. Você está vendo esse alvo? Ele aparecerá em diferentes posições na tela. Olhe para o centro dele e aperte o botão apenas uma vez [o participante, então, olhava e apertava, a amostragem ocorria, o alvo sumia e aparecia em uma nova posição]. Isso, agora basta repetir o processo”. Os pontos de referência eram cinco, distribuídos na tela de fundo branco sendo um no centro e um em cada canto. Se o participante falasse, ou movesse a cabeça bruscamente, o procedimento era reiniciado. Ao final, se o sistema reportasse 85% ou mais pontos de referência efetivamente utilizados e se o gráfico da área de calibragem contivesse não mais do que três pontos com

outliers sobrepostos, o procedimento de calibragem era encerrado com sucesso, do contrário, com fracasso. Se a calibragem fosse encerrada com fracasso mais de 3 vezes a participação no estudo era encerrada. Após a calibragem, o treino ao botão era iniciado.

Treino ao botão

Alguns participantes em um estudo preliminar (dados não apresentados) iniciavam e permaneciam sem apertar o botão durante minutos. Isto levou à introdução da última mensagem no Quadro 1, como mencionado anteriormente, e também a introdução desta etapa: o treino ao botão. O procedimento tinha duração fixa de 30 segundos e iniciava com a apresentação de um contador de pontos no centro da tela e com o experimentador falando “quanto mais você apertar mais pontos você fará”. Cada aperto ao botão produzia o incremento de um ponto ao contador. O som de dinheiro era apresentado de acordo com a taxa de respostas do participante. Se a taxa fosse menor do que uma resposta por segundo, o som era apresentado a cada resposta. Se a taxa fosse maior do que um segundo, o som era apresentado a cada segundo. O experimentador induzia o participante a apertar o botão com uma taxa maior do que uma resposta por segundo repetindo aquela frase inicial. Ao final do treino ao botão a seguinte mensagem era apresentada por 10 segundos: “A partir de agora, eu não poderei falar com você e você não deve falar comigo. Aguarde, a tarefa já irá começar.” Em seguida, a tarefa de discriminação simples sucessiva iniciava.

Discriminação simples sucessiva

Cada tarefa continha 54 tentativas discretas, metade positivas (S+), metade negativas (S-), ordenadas aleatoriamente. De acordo com a terminologia específica, tentativas positivas no grupo de aspecto positivo eram com reforçamento AB+ e negativas eram com extinção AA-. Inversamente, no grupo de aspecto negativo, tentativas positivas eram com reforçamento AA+ e negativas eram com extinção AB-. Cada arranjo de estímulos (AA e AB) pode ser conferido na Figura 8.

O fundo era aleatorizado ao final de uma tentativa. Todas as tentativas tinham duração fixa de quatro segundos e o intervalo entre tentativas fixo de oito segundos.

Uma tentativa iniciava com a apresentação simultânea de nove circunferências na tela. Se a tentativa fosse positiva (S+), um som de caixa registradora era apresentado ao final da tentativa se e somente se uma ou mais respostas ao botão tivessem ocorrido durante a tentativa. Dessa forma, apresentando a consequência ao final, não haveria concorrência entre a consequência principal (som) e as consequências naturais intrínsecas à observação dos estímulos discriminativos. Não haviam consequências programadas para outras respostas durante tentativas positivas. Não haviam consequências programadas para quaisquer respostas durante tentativas negativas (S-).

No início da tarefa, caso o participante permanecesse mais de 10 tentativas sem pressionar o botão a participação era encerrada e os dados eram descartados.

Análise de dados

Com o objetivo de simplificar a análise de dados, o programa Pupil Player (com um módulo customizado como explicado no Apêndice B, na seção “Automatizando coleta e análise de dados”) realizava a detecção da tela de referência e a transformação de perspectiva dessa tela para um plano retangular sem distorções de trapézio. Em seguida, todos os pontos fora do intervalo de duração das tentativas eram descartados. O passo seguinte era recortar o plano retangular de tal forma que todos os pontos (*outliers*) fora da nuvem de pontos sobre os estímulos eram também descartados (ver recorte típico da tela na Figura 9).

Com o objetivo de aproveitar o máximo de dados dentro dos limites de acurácia permitidos pelo sistema, prosseguia-se com a correção do centro da tela (como explicado no Apêndice B, na seção “Otimizando a qualidade dos dados”. Para uma introdução ao conceito de qualidade de dados ver Apêndice B, seção “Qualidade de dados na plataforma Pupil”). Em seguida, uma forma de rosca era ajustada sobre os nove estímulos apresentados, criando nove

fatias iguais em tamanho e posição relativa aos estímulos. A Figura 9 mostra que cada estímulo localizava-se dentro de uma fatia e compartilhava uma mesma posição relativa com os outros estímulos. Um estímulo era considerado “observado” sempre que um ponto de gaza localizava-se dentro da fatia do estímulo correspondente.

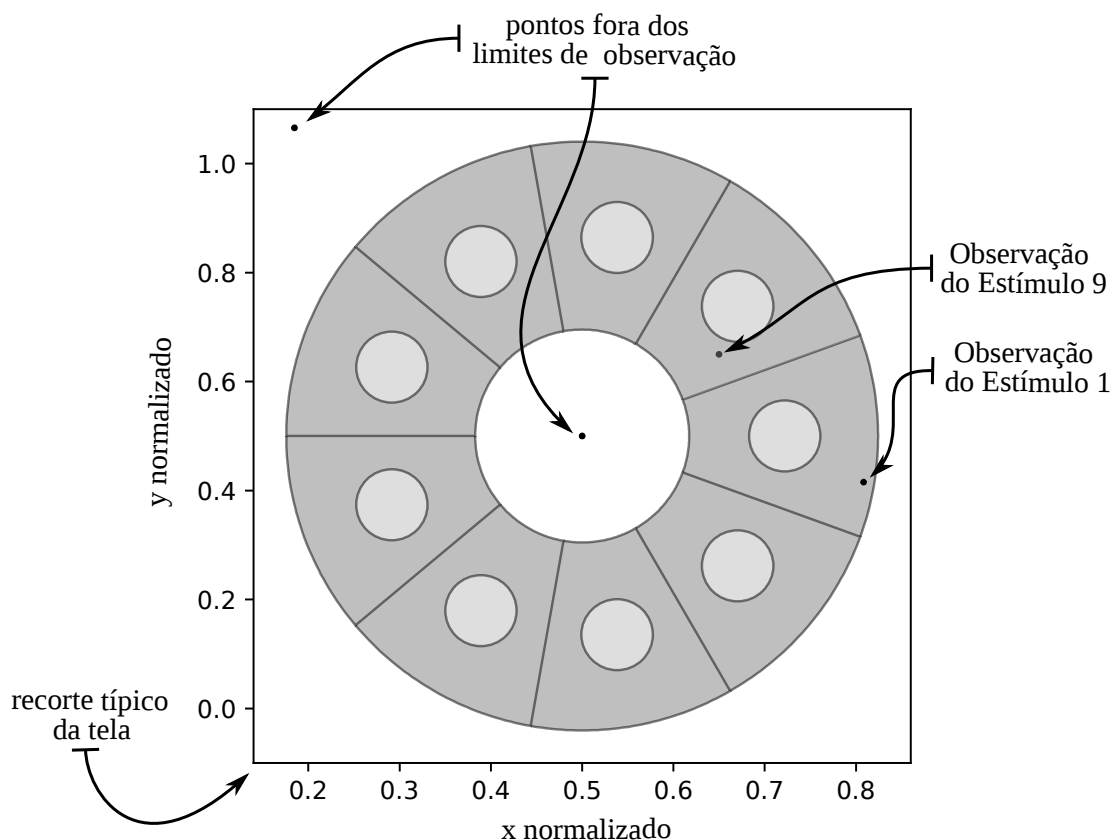


Figura 9. Limites espaciais utilizados para a contagem da observação de cada estímulo. Os estímulos de 1 a 9 eram identificados contando-se em sentido horário a partir do estímulo mais à direita.

De posse do tempo e frequência de observação dos pontos de gaza, seguindo a estratégia de Sainsbury (1971), a proporção média de observações ao estímulo distintivo (Estudo 2, Figura 11; Estudo 3, Figura 15; Estudo 4, Figura 20) era calculada, tão somente para cada tentativa que continha um elemento distintivo, dividindo-se a taxa de olhar ao elemento distintivo durante uma tentativa AB pela taxa total de observações ao recorte do plano de referência naquela tentativa. Note que para o grupo de aspecto positivo, isso

significava que a proporção era calculada a partir de tentativas S+ enquanto que para o grupo de aspecto negativo a partir de tentativas S-.

Algumas medidas eram calculadas em cada um dos estudos subsequentes. A proporção média de apertos ao botão durante o S+ (Estudo 2, Figura 10; Estudo 3, Figura 14; Estudo 4, Figura 19) era obtida primeiramente calculando-se as proporções para cada participante. Dividia-se a taxa de apertos ao botão durante uma tentativa S+ pela taxa total de apertos ao botão durante tentativas S+ e S- sucessivas no tempo. Dessa forma, valores proporcionais eram válidos quando a taxa total de apertos ao botão durante um par de tentativas S+ e S- era maior do que zero, mas os valores eram nulos (NA) quando a taxa total era igual a zero. Com o objetivo de incluir o maior número possível de participantes nas análises estatísticas, “não responder” era assumido como um “responder equilibrado” entre S+ e S- e, por essa razão, valores nulos eram substituídos por valores de 0.5. Em seguida, calculava-se a média dividindo-se o somatório das proporções pelo número de participantes. Note que para o grupo de aspecto positivo tal proporção era calculada como a taxa de apertos durante AB sobre a taxa de apertos durante AB mais a taxa de apertos durante AA ($AB/AB+AA$), enquanto que para o grupo de aspecto negativo a proporção era calculada como a taxa de apertos durante AA sobre a taxa de apertos durante AA mais a taxa de apertos durante AB ($AA/AA+AB$).

A latência média de respostas ao S+ (Estudo 2, Figura 12; Estudo 3, Figura 16; Estudo 4, Figura 21) era obtida primeiramente subtraindo-se o tempo da primeira resposta de uma tentativa positiva (S+) do tempo de início da tentativa e, em seguida, dividindo o somatório pelo número de participantes. Note que a latência de respostas ao S- não foi calculada.

Resultados e Discussão

A Figura 10 mostra a proporção média de apertos ao botão durante o S+ no grupo de aspecto positivo (linha preta sólida) e no grupo de aspecto negativo (linha cinza tracejada) ao longo dos pares de tentativas positiva e negativa. (A linha cinza foi levemente movida com o objetivo de evitar a sobreposição do desvio padrão (linhas verticais) e permitir melhores condições para a inspeção visual da figura.)

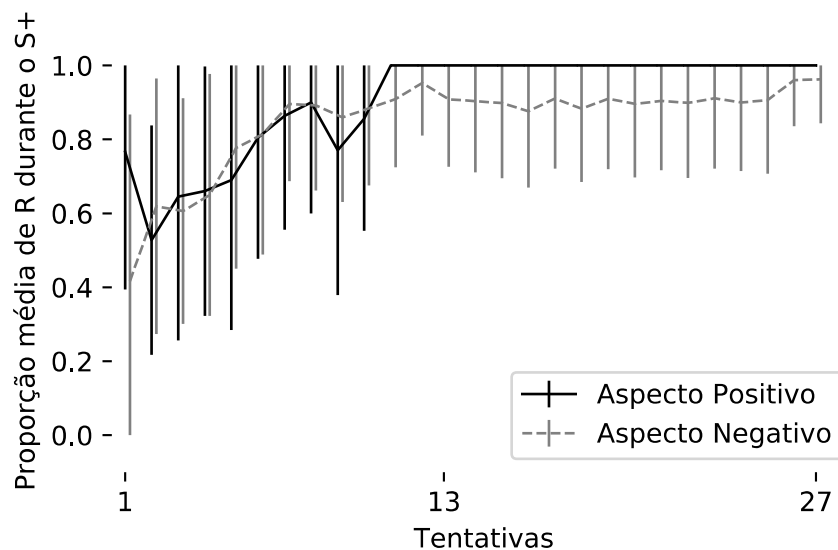


Figura 10. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-) do grupo de aspecto positivo (linha preta sólida) e do de aspecto negativo (linha cinza tracejada). As linhas verticais indicam o desvio padrão.

Algumas medidas gerais foram calculadas a partir dos dados brutos das linhas da Figura 10. Uma medida individual de mudança do desempenho discriminativo ao longo do tempo foi o coeficiente de correlação tau de Kendall ($\tau = [-1, 1]$) entre a proporção de apertos ao botão e o número de tentativas de cada participante. Os valores deste coeficiente puderam ser calculados em 21 participantes de 22, P2 sendo a exceção (ele acertou todas as tentativas o que gerava um coeficiente nulo). Uma melhora global no desempenho fora observada, pois a maioria dos coeficientes (20/21) foi positiva ($M = .41$, $DP = .16$, intervalo = $[-.037, .71]$),

P14 sendo a exceção, com diferença em relação à zero estatisticamente significativa confirmada por um teste t para uma amostra, $t(20) = 11.81$, $p = 1.79 \times 10^{-10}$, IC = [.34, .48].

Uma outra medida de desempenho global foi a média das médias individuais da proporção de apertos ao botão. Embora a média das médias individuais do grupo de aspecto positivo ($M = .88$, $DV = .10$, intervalo = [.63, 1.0]) tenha sido maior do que a do grupo de aspecto negativo ($M = .83$, $DV = .17$, intervalo = [.52, .98]), não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o que foi confirmado por um teste t de Welch para duas amostras, $t(16.925) = 0.82$, $p = 0.42$, IC = [-.078, .179]. Entretanto, um efeito de aspecto positivo era notável na Figura 10, pois a linha preta atingiu o máximo possível no décimo primeiro par de tentativas S+ e S-, mantendo-se com desvio padrão igual a zero até o final, enquanto que a linha cinza não atingiu o máximo em vinte e sete pares de tentativas mantendo-se com um desvio padrão maior do que zero. O efeito de aspecto positivo, embora notável no nível do grupo, não era tão notável no nível individual, pois apenas dois participantes estavam puxando a média para baixo no grupo de aspecto negativo (ver Apêndice E para mais detalhes sobre os dados individuais).

A Figura 11 foca sobre outro aspecto das respostas ao botão, a média da latência. É possível observar que por volta da quarta tentativa, a latência de apertos ao botão durante arranjos AA+ era ligeiramente, mas consistentemente maior do que durante arranjos AB+.

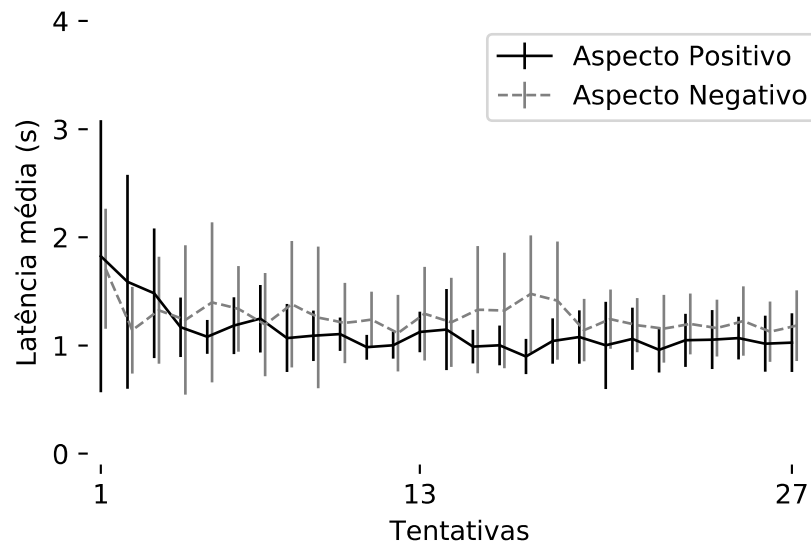


Figura 11. Média da latência de apertos ao botão durante o S+, nos arranjos de aspecto positivo (AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (AA+, linha tracejada cinza).

A Figura 12 mostra a proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha pretas sólidas) e AB- (linha cinza tracejada) ao longo de tentativas com esses arranjos. O estímulo distintivo era mais observado no grupo de aspecto positivo do que no grupo de aspecto negativo, pois a média das médias individuais do grupo de aspecto positivo ($M = .57$, $DV = .14$, intervalo = $[.63, .77]$) era maior do que a do grupo de aspecto negativo ($M = .36$, $DV = .14$, intervalo = $[.16, .71]$), diferença estatisticamente significativa confirmada por um teste t de Welch para duas amostras, $t(19.998) = 3.43$, $p = 0.002$, IC = $[.08, .33]$.

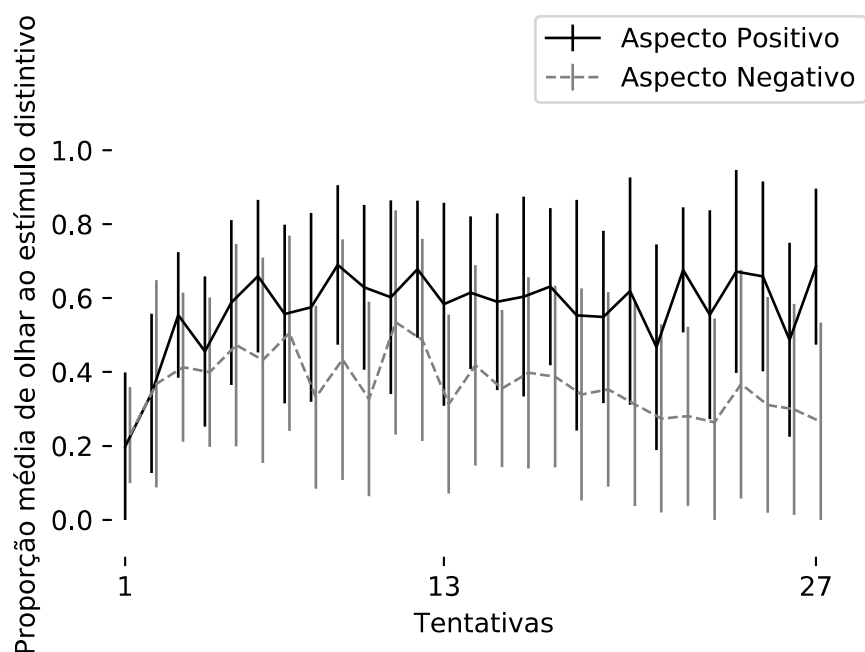


Figura 12. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha sólida preta) e AB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.

A Figura 13 mostra a distribuição dos olhares na tela de referência por meio de um mapa de calor com uma escala de cores perceptualmente uniformes. Os mapas com os olhares dos participantes do grupo de aspecto distintivo estão nos painéis à esquerda (AP) enquanto que de aspecto negativo à direita (AN). As cores no topo da escala (5.44) indicam o máximo de observação, cores na base da escala (0) indicam o mínimo de observação. Cada mapa era construído a partir de histogramas bidimensionais com as dimensões da tela de referência. Um ruído gaussiano (*gaussian blur*), equivalente ao raio de um estímulo, era aplicado aos histogramas. Em todos os arranjos (AB+, AB-, AA+, AA-), de forma geral, os participantes distribuíram mais olhares sobre os estímulos sete e oito, localizados no topo de cada mapa, possivelmente porque essa posição coincidia com a posição de descanso da musculatura ocular. É notável, porém, que a concentração do olhar nesses estímulos era maior nos arranjos de aspecto negativo (AA+ e AB-, mapas à direita). Nos arranjos AB+ e AB- (mapas do topo), adicionalmente, a densidade do olhar sobre todos os nove estímulos era maior quando comparada com os arranjos AA+ e AA- (mapas da base).

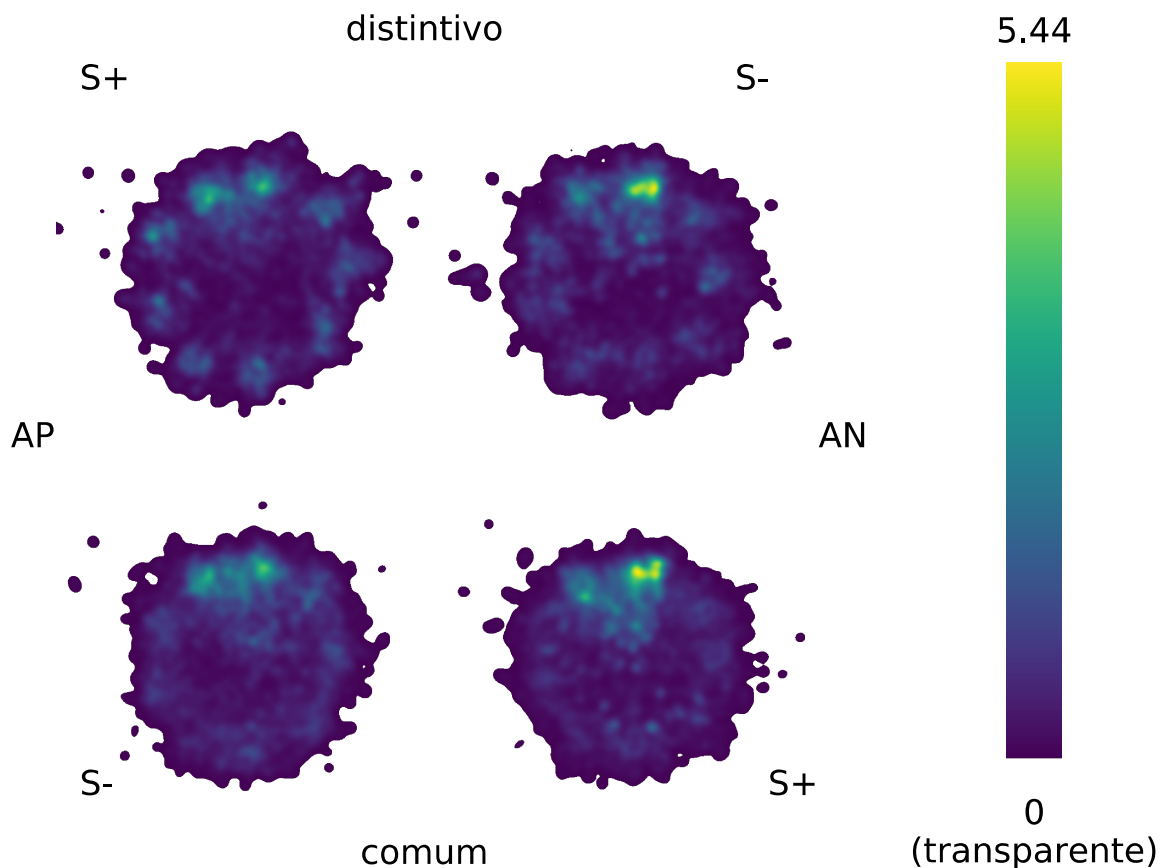


Figura 13. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaze de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (AB+ esquerda e AB- direita), na base durante arranjos contendo apenas aspectos comuns (AA+ direita e AB- esquerda). Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.

Em resumo, os dados permitem inferir que os participantes no grupo de aspecto negativo a) observavam menos os estímulos distintivos; b) concentravam mais a observação no topo da tela de referência em ambos os arranjos (AB- e AA+); c) apertavam mais o botão durante AB-, na metade final da sessão, quando não deviam; d) e que o efeito de aspecto positivo, embora notável, foi modesto, pois não era representativo da maioria no nível individual.

Estudo 3

Os resultados obtidos no estudo anterior documentaram evidência positiva fraca do efeito de aspecto positivo nas pressões ao botão, indicada por um efeito no nível do grupo, mas que não representava os dados da maioria dos participantes. A literatura sobre o efeito de aspecto positivo contém evidências de que a discriminabilidade do estímulo distintivo é inversamente proporcional à magnitude do efeito (Dinsmoor, 1985; Morris, 1977). O presente estudo, por sua vez, testou se a redução da discriminabilidade do estímulo distintivo implicaria, de fato, em um efeito de aspecto positivo mais expressivo. O estudo anterior apresentou um estímulo distintivo formado por uma abertura de 90° enquanto que o presente estudo apresentou um estímulo distintivo formado por uma abertura de apenas 9°. Adicionalmente, se o padrão nos movimentos oculares fosse confirmado, seria possível inferir com maior certeza que as variáveis relacionadas à ocorrência do efeito estavam presentes nos dados individuais do estudo anterior, mas que o controle exercido por elas não foi suficientemente forte ao ponto de permitir a inspeção visual e a confirmação estatística.

Método

Participantes

Conforme detalhes especificados no Estudo 2, outros vinte estudantes universitários concordaram em participar de um estudo sobre “rastreamento de visão e aprendizagem”. Os vinte participantes foram divididos entre dois grupos de dez. O primeiro grupo, o grupo de aspecto positivo, era formado por seis homens e quatro mulheres com idade média de 22.30 anos (mín. 17, máx. 28). O segundo, o grupo de aspecto negativo, era formado por seis mulheres e quatro homens com idade média de 24.10 anos (min. 19, max. 32).

Aparato, Ambiente

Idênticos ao Estudo 2.

Estímulos

Como mencionado anteriormente, a principal diferença em relação ao estudo anterior (Estudo 2) é que o estímulo distintivo apresentado possuía uma fenda de apenas 9°, mantendo-se inalterados todos os outros aspectos dos estímulos apresentados.

Procedimento

Idêntico ao Estudo 2, exceto quanto ao período de coleta (que ocorreu entre os dias 23 e 29 de novembro de 2017) e aos aspectos mencionados à seguir.

Instruções preliminares

Com o objetivo de reduzir as chances de encerramento de participações por baixa responsividade no início da tarefa, as instruções preliminares foram aprimoradas. O Quadro 2 mostra as instruções apresentadas aos participantes do presente estudo.

Obrigado por sua participação. Por favor, leia em voz alta: Isto não é um teste de inteligência ou de personalidade. Durante esta sessão, primeiro o equipamento será calibrado e em seguida você fará uma tarefa na qual várias formas serão apresentadas na tela. SEU OBJETIVO É PRODUZIR O SOM DE DINHEIRO. QUANDO ALGUMAS FORMAS ESTIVEREM PRESENTES, APERTAR O BOTÃO PRODUZIRÁ O SOM. OBVIAMENTE, NA PRESENÇA DESTAS FORMAS VOCÊ DEVERÁ APERTAR O BOTÃO. PORÉM, QUANDO OUTRAS FORMAS ESTIVEREM PRESENTES, APERTAR O BOTÃO NÃO PRODUZIRÁ O SOM. PORTANTO, NA PRESENÇA DESSAS OUTRAS FORMAS É MELHOR NÃO APERTAR. LEMBRE-SE, APERTAR O BOTÃO PERMITE TESTAR QUAIS FORMAS PRODUZEM SOM E QUAIS FORMAS NÃO PRODUZEM SOM, PORTANTO É MELHOR COMEÇAR A TAREFA APERTANDO O BOTÃO! LEMBRE-SE, NÃO HAVERÁ OUTRAS INSTRUÇÕES DURANTE A TAREFA.
--

Quadro 2. Instruções preliminares apresentadas aos participantes do Estudo 3.

As mudanças realizadas (em comparação com as instruções do Estudo 2, Quadro 1) tiveram o objetivo de, na medida do possível, tornar as instruções mais claras, enfatizando o

momento inicial no qual os participantes deviam começar respondendo e reduziram as chances de encerramento por baixa responsividade no início da tarefa.

Após o participante ler em voz alta, o experimentador respondia qualquer dúvida sobre as instruções e sondava a compreensão delas oralmente por meio das seguintes perguntas (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) esperando respostas contendo algumas palavras-chave (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7):

P1: “Qual o seu objetivo na tarefa?” (R1: fazer, som, dinheiro.) P2: “O que você deve fazer para produzir o som?” (R2: apertar, botão.) P3: “Quando você deve apertar o botão?” (R3: presença, formas.) P4: “Quando é melhor não apertar o botão?” (R4: outras, formas.) P5: “Por que é melhor não apertar o botão durante essas outras formas?” (R5: sem, som.) P6: “O que você deve fazer no início da tarefa?” (R6: testar, formas, apertar, botão.) P7: “Haverá instruções durante a tarefa?” (R7: não.)

O restante do protocolo das instruções preliminares era idêntico ao Estudo 2.

Pré-treino ao botão e Ajuste postural

Idênticos ao Estudo 2.

Rotina de calibragem

Com o objetivo de reduzir as chances de problemas com a calibragem, 15 pontos de referência (ao invés de cinco, como no estudo anterior) eram utilizados. Se a calibragem fosse encerrada com fracasso mais de 3 vezes a participação no estudo era encerrada. Neste estudo, nenhum participante teve sua participação encerrada por exceder o limite de reinício de calibragem.

Treino ao botão, Discriminação simples sucessiva e Análise de dados

Todos os aspectos dessas etapas eram idênticos aos seus correspondentes no Estudo 2.

Resultados e Discussão

A Figura 14 mostra a proporção média de apertos ao botão durante o S+, de forma semelhante à Figura 10. É possível observar, novamente, que discriminações se desenvolveram em ambos os grupos (Figura 14, linhas preta e cinza) e que houve uma melhora global no desempenho. Todos os coeficientes tau foram positivos ($M = .41$, $DP = .11$, intervalo = $[.022, .57]$, $N = 20$), com diferença em relação à zero estatisticamente significativa confirmada por um teste t para uma amostra, $t(19) = 16.39$, $p = 1.13 \times 10^{-12}$, $IC = [.36, .47]$.

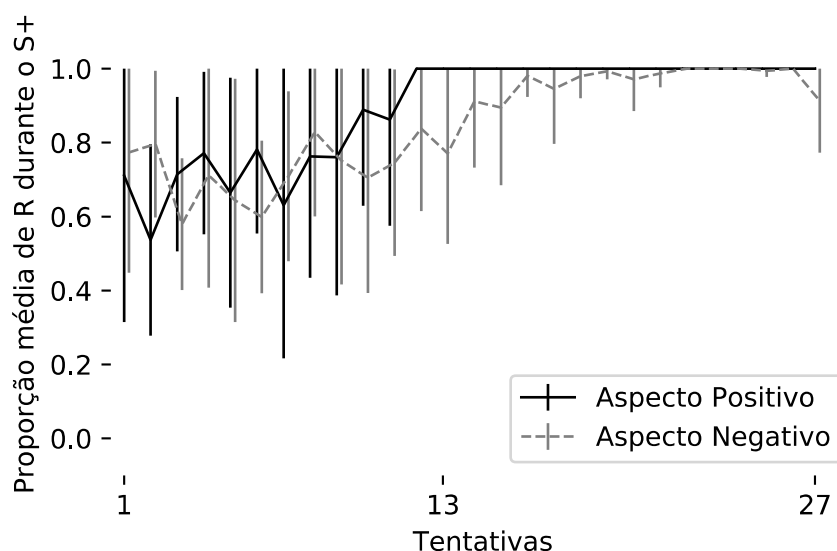


Figura 14. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-) do grupo de aspecto positivo (linha preta sólida) e do de aspecto negativo (linha cinza tracejada).

Considerando a medida que compara as linhas preta e cinza, a média das médias individuais do grupo de aspecto positivo ($M = .89$, $DV = .08$, intervalo = $[.76, .97]$) era ligeiramente maior do que a do grupo de aspecto negativo ($M = .85$, $DV = .09$, intervalo = $[.73, .97]$), e não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o que foi confirmado por um teste t de Welch para duas amostras, $t(17.754) = 1.02$, $p = 0.31$, $IC = [-.041, .119]$. Entretanto, um efeito de aspecto positivo é notável na Figura 14, pois a

linha preta atingiu o máximo no décimo segundo par de tentativas, mantendo-se com desvio padrão igual a zero até o final, enquanto que a linha cinza atingiu o máximo em vinte dois pares de tentativas, mas não manteve-se com desvio padrão igual a zero até o final. De fato, o efeito de aspecto positivo nos apertos ao botão no Estudo 3 foi mais robusto se comparado com o Estudo 2, pois as menores proporções individual de apertos ao botão estavam distribuídas entre a maioria dos participantes no grupo de aspecto negativo (ver Apêndice F para mais detalhes sobre os dados individuais).

A Figura 15 mostra a média da latência de apertos ao botão durante o S+. É possível observar que após o início da sessão, por volta da décima primeira tentativa, a latência de apertos ao botão durante arranjos AA+ era ligeiramente, mas consistentemente maior do que durante arranjos AB+. Note que a média e a dispersão da latência eram maiores no Estudo 3 do que no Estudo 2, o que sugere que a tarefa no Estudo 3 demandava mais tempo de observação dos estímulos, o que é também confirmado pela maior densidade do olhar sobre todos estímulos (ver Figura 17).

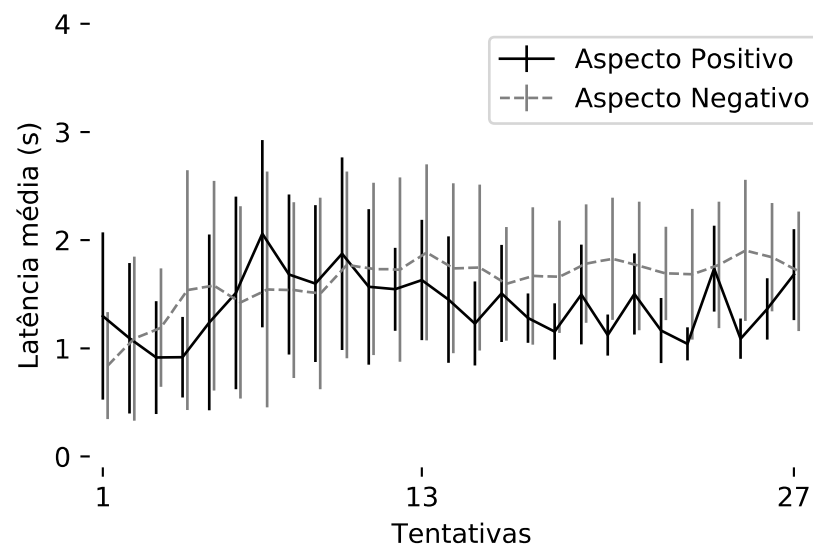


Figura 15. Média da latência de apertos ao botão durante o S+ nos arranjos de aspecto positivo (AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (AA+, linha tracejada cinza).

A Figura 16 mostra a proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha pretas sólidas) e AB- (linha cinza tracejada) ao longo de tentativas com esses arranjos. O estímulo distintivo era mais observado no grupo de aspecto positivo do que no grupo de aspecto negativo, pois a média das médias individuais do grupo de aspecto positivo ($M = .52$, $DV = .14$, intervalo = $[.32, .75]$) era maior do que a do grupo de aspecto negativo ($M = .37$, $DV = .08$, intervalo = $[.25, .51]$), diferença estatisticamente significativa confirmada por um teste t de Welch para duas amostras, $t(14.687) = 2.85$, $p = .012$, IC = $[.038, .26]$.

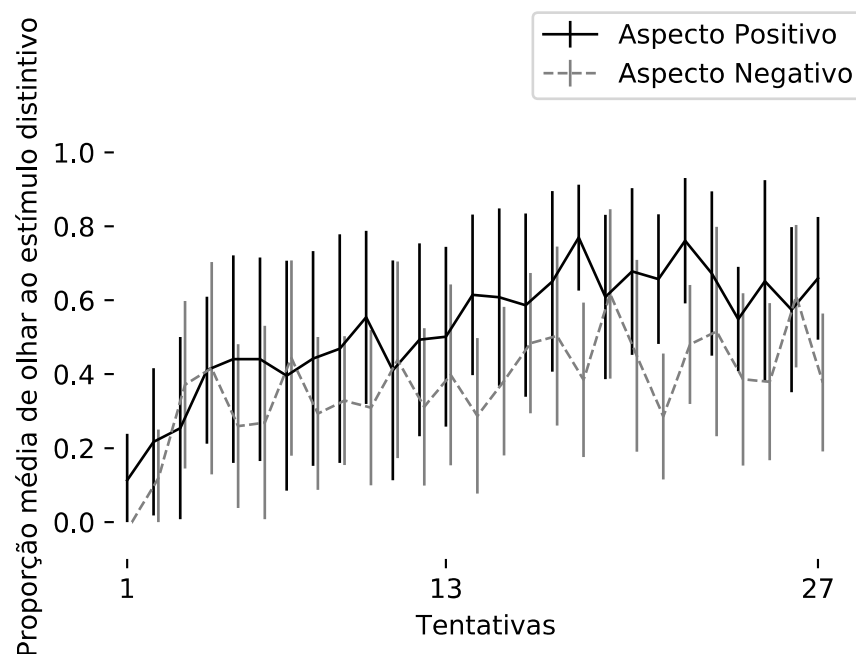


Figura 16. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos AB+ (linha sólida preta) e AB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.

Adicionalmente, a Figura 16 mostra que os estímulos distintivos eram observados menos na primeira metade da sessão e mais na segunda metade da sessão. Também é possível notar que, tanto no grupo positivo quanto no grupo negativo, os estímulos distintivos eram observados menos no início da sessão quando eram formados por uma abertura de 9° (Estudo 3, Figura 16) e eram observados mais no início da sessão com uma abertura de 90° (Estudo 2, Figura 14).

A Figura 17 mostra a distribuição dos olhares na tela de referência por meio de um mapa de calor com uma escala de cores perceptualmente uniformes, tal como previamente descrito (Figura 13). Os olhares dos participantes do grupo de aspecto distintivo estão nos painéis à esquerda enquanto que de aspecto negativo à direita. As cores no topo da escala (5.22) indicam o máximo de observação, cores na base da escala (0) indicam o mínimo de observação.

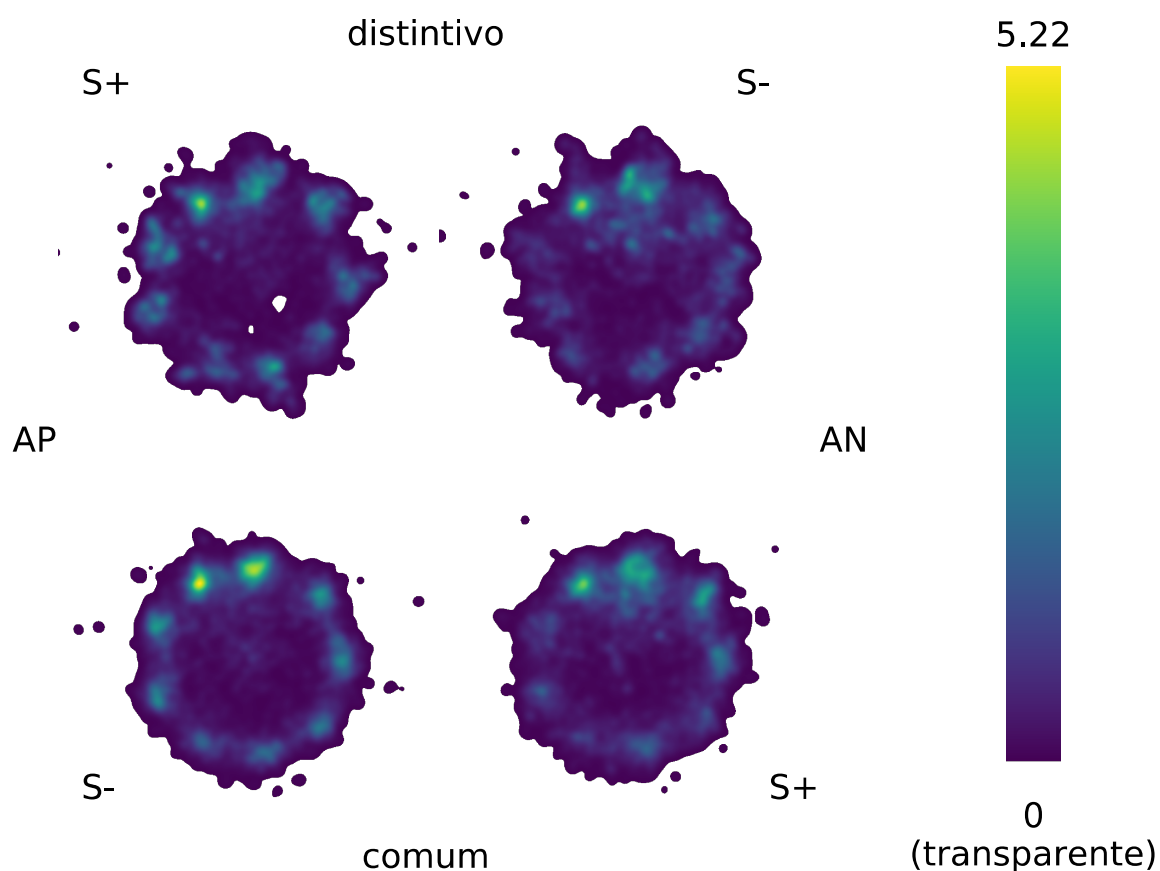


Figura 17. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaze de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (AB+ esquerda e AB- direita), na base durante arranjos contendo apenas aspectos comuns (AA+ direita e AA- esquerda). Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.

Cada mapa era construído a partir de histogramas bidimensionais com as dimensões da tela de referência. Um ruído gaussiano (*gaussian blur*), equivalente ao raio de um

estímulo, era aplicado aos histogramas. Em todos os arranjos (AB+, AB-, AA+, AA-), de forma geral, novamente os participantes distribuíram mais olhares sobre os estímulos sete e oito, localizados no topo de cada mapa, possivelmente porque essa posição coincidia com a posição de descanso da musculatura ocular. É notável, porém, que a concentração do olhar sobre todos os estímulos era maior nos arranjos de aspecto positivo (AB+ e AA-, à esquerda).

Em resumo, os dados permitem inferir que os participantes no grupo de aspecto negativo a) observavam menos os aspectos distintivos; b) concentravam mais a observação nos estímulos no topo em todos os arranjos; c) apertavam mais o botão durante AB- quando não deviam, na segunda metade da sessão e; d) que o efeito de aspecto positivo no Estudo 3 foi mais expressivo do que no Estudo 2, pois foi reflexo dos dados da maioria dos participantes.

Estudo 4

Os dois últimos estudos conduziram delineamentos de grupo. A literatura sobre o efeito de aspecto positivo também contém estudos com delineamentos de sujeito como o seu próprio controle. Por exemplo, o método de reversões de condições experimentais (ABAB ou BABA) é uma alternativa (Hearst, 1978) que coloca o sujeito como o seu próprio controle e que permite isolar os processos de discriminações com arranjos de aspecto positivo (Condição B, AB+/AA-) de arranjos de aspecto negativo (Condição A, AA+/AB-). Contudo, esse tipo de delineamento, ao apresentar discriminações simples em bloco (isto é, em cada condição separadamente), não permite verificar os efeitos de interação resultantes da alternância desses arranjos de maneira mais próxima no tempo. O assunto é de especial interesse porque esse tipo de alternância está presente na maioria dos programas de ensino baseados no estabelecimento de discriminações condicionais. Por exemplo, estudos com tarefas de emparelhamento ao modelo geralmente envolvem múltiplas relações de controle que são alternadas de maneira aleatória em curtos espaços de tempo.

Uma alternativa que permite o estudo das interações dos arranjos em curtos espaços de tempo é apresentar arranjos AB+/AA- e AA+/AB- no contexto de relações condicionais. O presente estudo testou se essa alternativa metodológica também produziria o efeito de aspecto positivo.

Método

Participantes

Conforme detalhes especificados no Estudo 2, outros 12 estudantes universitários concordaram em participar de um estudo sobre “rastreamento de visão e aprendizagem”. Os participantes (seis mulheres e seis homens) possuíam idade média de 24.67 anos (mín. 18, máx. 35).

Aparato e Ambiente

Idênticos ao Estudo 2.

Estímulos

Idênticos ao Estudo 3, com a exceção de que no presente estudo todos os arranjos possuíam um estímulo discriminativo condicional no centro, sendo um xis para o arranjo de aspecto negativo (xisAA+/xisAB-) e um quadrado para o arranjo de aspecto positivo (quadradoAB+/quadradoAA-), conforme a Figura 18.

Procedimento

Um delineamento intra sujeito foi conduzido com cada participante. Uma tarefa de discriminação simples sucessiva com duração de ~ 16 min e 30 s. era apresentada a cada um deles. A coleta ocorreu entre os dias 13 e 18 de dezembro de 2017. Cada tarefa era precedida por instruções preliminares, um pré-treino ao botão, um ajuste postural dos participantes, uma rotina de calibragem do rastreador e um treino ao botão, nesta ordem, conforme descrito nas seções seguintes.

Instruções preliminares, Pré-treino ao botão, Ajuste postural e Rotina de calibragem

Todos os aspectos eram idênticos ao Estudo 3.

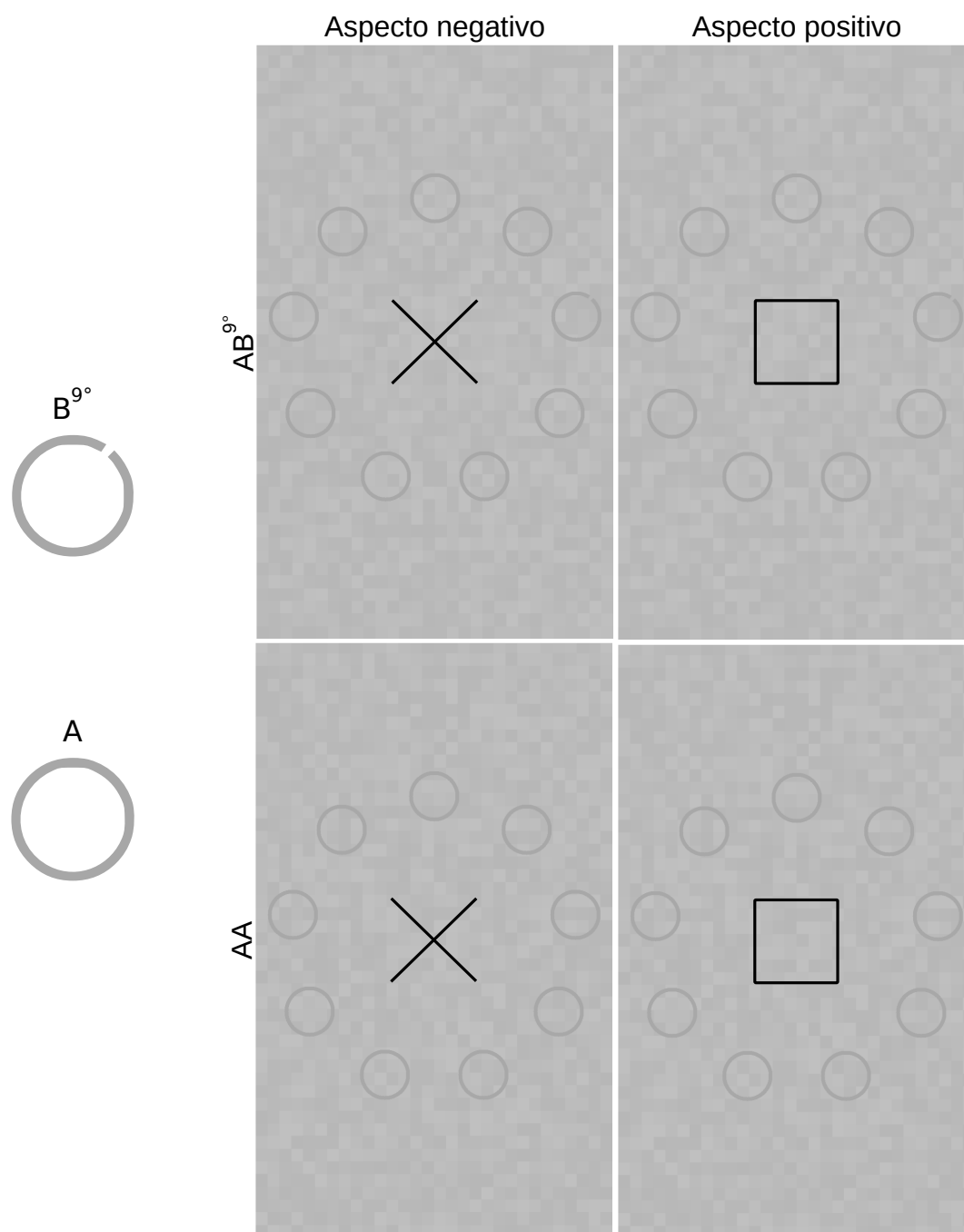


Figura 18. Elemento comum (A), distintivo (B9°) e arranjos de aspecto negativo e positivo. A tela durante o intervalo entre tentativas continha apenas o fundo em tons de cinza. A direção angular da abertura de um elemento distintivo variava aleatoriamente entre tentativas. Note a relação de maior contraste entre estímulos discriminativos condicionais (xis e quadrado) e de menor contraste entre elementos e fundo nos arranjos AA e AB9° por consequência de seus tons de cinza. Os arranjos eram apresentados de forma balanceada em cada sessão.

Treino ao botão

Com o objetivo de reduzir as chances de encerramento da participação decorrente de baixa responsividade no início da tarefa, a mensagem final do treino ao botão foi modificada. Anteriormente (Estudo 2 e Estudo 3), a seguinte mensagem era apresentada por 10 segundos no final do treino ao botão: “A partir de agora, eu não poderei falar com você e você não deve falar comigo. Aguarde, a tarefa já irá começar.” No presente estudo, um contador regressivo era apresentado após a apresentação dessa mensagem, iniciando a contagem no número três e finalizando no número um, cada número permanecendo um segundo na tela. Em seguida, a tarefa de discriminação simples sucessiva iniciava. A modificação surtiu bons resultados e nenhuma participação foi encerrada por baixa responsividade no início da tarefa.

Discriminação simples sucessiva

Cada tarefa continha 108 tentativas discretas, metade com arranjos de aspecto positivo e metade com arranjos de aspecto negativo, ordenadas aleatoriamente. Dentro de cada arranjo (54 tentativas), metade eram positivas (S+), metade negativas (S-). De acordo com a terminologia específica, tentativas positivas no grupo de aspecto positivo eram com reforçamento AB+ e negativas eram com extinção AA-. Inversamente, no grupo de aspecto negativo, tentativas positivas eram com reforçamento AA+ e negativas eram com extinção AB-. Cada arranjo de estímulos (AA-, AB+, AA+ e AB-) foi organizado de tal forma a permitir o desenvolvimento de discriminações condicionais entre arranjos de aspecto positivo (com um quadrado como estímulo discriminativo condicional) e arranjos de aspecto negativo (com um xis como estímulo discriminativo condicional).

O fundo era aleatorizado ao final de uma tentativa. Todas as tentativas tinham duração fixa de quatro segundos e o intervalo entre tentativas de cinco segundos. Uma tentativa iniciava com a apresentação simultânea de nove circunferências e do estímulo discriminativo condicional na tela. Respostas de observação ao estímulo discriminativo condicional não

eram explicitamente requisitadas. Se a tentativa fosse positiva (S+), um som de caixa registradora era apresentado ao final da tentativa se e somente se uma ou mais respostas ao botão tivessem ocorrido durante a tentativa. Dessa forma, não haveria concorrência entre a consequência principal (som) e as consequências naturais intrínsecas à observação dos estímulos. Não haviam consequências programadas para outras respostas durante tentativas positivas. Não haviam consequências programadas para quaisquer respostas durante tentativas negativas (S-).

Análise de Dados

Idêntico ao Estudo 2, com a diferença de que ao invés de calcular as medidas entre grupos de participantes, as medidas eram calculadas entre grupos de tentativas (positivas e negativas). A seguir, note que análises intra e entre sujeitos foram conduzidas.

Resultados e Discussão

A Figura 19 mostra a proporção média de apertos ao botão durante o S+, de forma semelhante aos dados na Figura 10 e Figura 14.

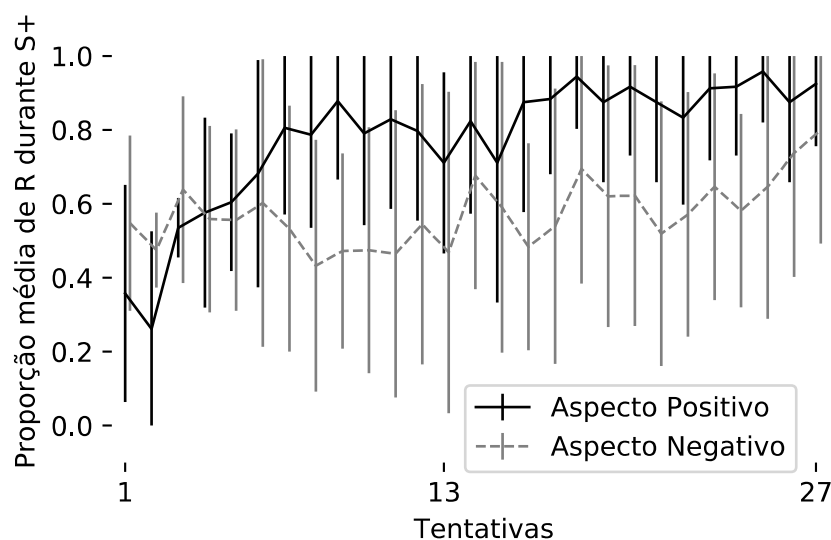


Figura 19. Proporção média de apertos ao botão (R) durante o S+ ao longo dos pares de tentativas (S+ e S-). Tentativas de aspecto positivo são indicadas pela linha sólida preta e de de aspecto negativo pela linha tracejada cinza.

Considerando o desenvolvimento das discriminações ao longo das tentativas, todos os coeficientes tau obtidos eram válidos (24/24), dois para cada sujeito. A diferença entre os dois coeficiente tau de cada sujeito resultava numa medida única para cada sujeito, dentre as quais a maioria (10/12) era positiva ($M = .29$, $DP = .23$, intervalo = $[-.05, .85]$), tendo como exceções P3 e P6, com diferença em relação à zero estatisticamente significativa confirmada por um teste t para uma amostra, $t(11) = 4.27$, $p = .001$, $IC = [.14, .44]$. É possível observar que discriminações se desenvolveram em ambos os grupos, mas de maneira mais acentuada nas tentativas de aspecto positivo (Figura 19, linhas sólidas preta).

Considerando a comparação entre as linhas preta e cinza, duas medidas calculadas, uma no nível do grupo e outra no nível individual. No nível do grupo, a média das médias individuais do grupo de aspecto positivo ($M = .77$, $DV = .10$, intervalo = $[.59, .89]$) era maior do que a do grupo de aspecto negativo ($M = .57$, $DV = .19$, intervalo = $[.27, .84]$). A diferença média ($M = 0.20$) se mostrou estatisticamente significativa entre os grupos, o que foi confirmado por um teste t pareado com duas amostras, $t(11) = 3.26$, $p = .007$, $IC = [.065, .337]$. De fato, o efeito de aspecto positivo nos apertos ao botão no Estudo 4 foi o mais robusto se comparado com o Estudo 2 e o Estudo 3, pois esses estudos não tiveram confirmação estatística.

A Tabela 1 contém os resultados de um teste t pareado entre a linha preta e a linha cinza de cada participante. A diferença entre as linhas no nível do grupo (Figura 19) também foi estatisticamente significativa individualmente com todos os participantes. Com exceção de P4, cuja a média da diferença entre a linha preta e a linha cinza era negativa, a Tabela 1 mostra claramente um efeito de aspecto positivo nos dados individuais de cada participante, especialmente no caso de P2, P6 e P9. Os detalhes de cada participante no nível individual podem ser conferidos no Apêndice G, que mostra as linhas preta e cinza da Figura 19 separadamente para cada participante.

Tabela 1. Testes t pareados entre as proporções de aspecto positivo e negativo de cada participante.

P	t(26)	p	ΔM	IC	P	t(26)	p	ΔM	IC
P1	2.990	0.006	0.224	[0.070, 0.378]	P7	2.620	0.014	0.215	[0.046, 0.385]
P2	5.813	3.99×10^{-6}	0.516	[0.334, 0.699]	P8	3.379	0.002	0.223	[0.087, 0.359]
P3	2.146	0.041	0.093	[0.003, 0.182]	P9	5.275	1.62×10^{-5}	0.531	[0.324, 0.738]
P4	-3.446	0.001	-0.254	[-0.406, -0.102]	P10	2.158	0.040	0.088	[0.004, 0.173]
P5	1.417	0.168	0.082	[-0.037, 0.202]	P11	1.784	0.086	0.138	[-0.021, 0.298]
P6	4.413	1.57×10^{-4}	0.406	[0.207, 0.595]	P12	3.443	0.001	0.150	[0.060, 0.240]

Legenda: P= participante; p = p test; ΔM = média das diferenças; IC = intervalo de confiança.

A Figura 20 mostra a latência média de respostas ao botão durante o S+, de forma semelhante a Figura 12 e a Figura 16. É possível observar que a latência no Estudo 4 era maior do que no Estudo 2 e Estudo 3 e que ela começou a se diferenciar durante arranjos quadrado-AB+ e xis-AA+ apenas a partir da décima sétima tentativa. Isso é evidência de que a tarefa demandava ainda mais tempo de observação dos estímulos, o que é confirmado na Figura 22 que mostra a distribuição do olhar.

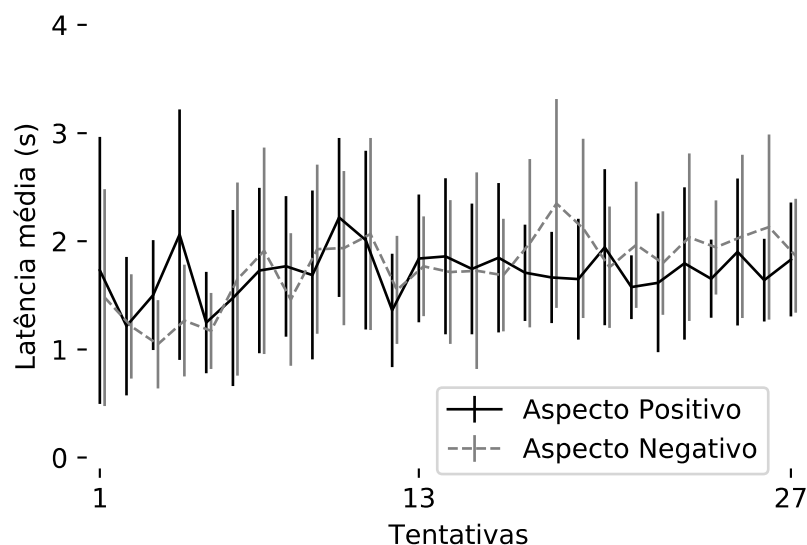


Figura 20. Média da latência de apertos ao botão durante o S+ nos arranjos de aspecto positivo (quadrado-AB+, linha sólida preta) e aspecto negativo (xis-AA+, linha tracejada cinza).

A Figura 21 mostra a proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos quadradoAB+ (linha pretas sólidas) e xisAB- (linha cinza tracejada) ao longo de

tentativas com esses arranjos. Ela é comparável a Figura 13 e a Figura 17. O estímulo distintivo era mais observado nas tentativas quadradoAB+ do que nas tentativas xisAB-, pois a média das médias individuais no primeiro caso ($M = .41$, $DV = .13$, intervalo = $[.22, .69]$) era maior do que no segundo caso ($M = .36$, $DV = .10$, intervalo = $[.12, .51]$), média das diferenças = 0.052. A diferença entre os grupos se mostrou estatisticamente significativa, o que foi confirmado por um teste t pareado com duas amostras, $t(11) = 2.78$, $p = .017$, $IC = [.010, .094]$.

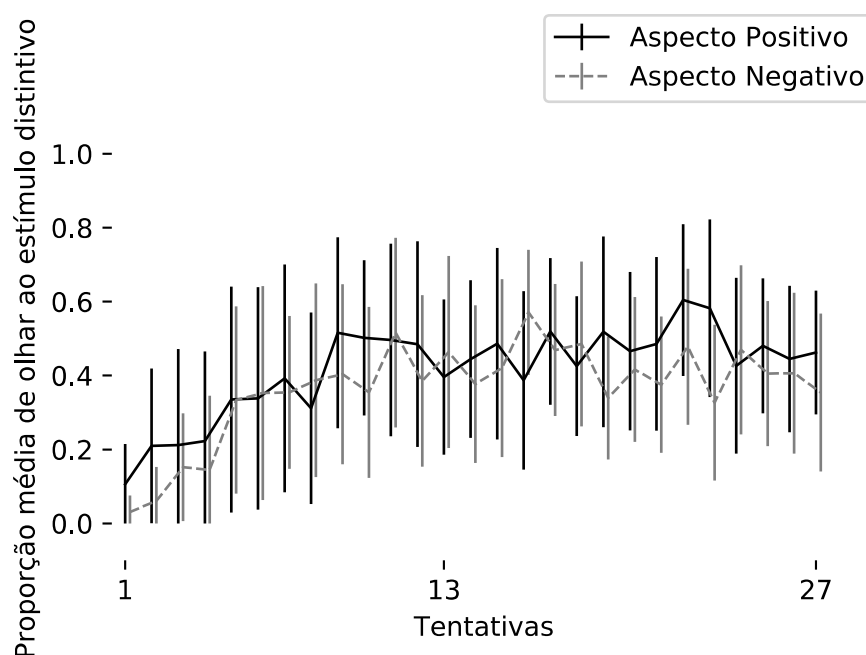


Figura 21. Proporção média de olhares ao estímulo distintivo durante arranjos quadradoAB+ (linha sólida preta) e xisAB- (linha tracejada cinza) ao longo de tentativas com esses arranjos.

A Figura 22 mostra a distribuição dos olhares na tela de referência por meio de um mapa de calor com uma escala de cores perceptualmente uniformes, tal como previamente descrito (Figura 13 e Figura 17). Os olhares dos participantes com tentativas de aspecto distintivo estão nos painéis à esquerda enquanto que de aspecto negativo à direita. As cores no topo da escala (7.75) indicam o máximo de observação, cores na base da escala (0) indicam o mínimo de observação. Cada mapa era construído a partir de histogramas bidimensionais com as dimensões da tela de referência. Um ruído gaussiano (*gaussian blur*),

equivalente ao raio de um estímulo, era aplicado aos histogramas. Em todos os arranjos (quadradoAB+, quadradoAA-, xisAB- e xisAA+), desta vez os participantes não distribuíram mais olhares sobre os estímulos sete e oito (como no Estudos 2 e Estudo 3), localizados no topo de cada mapa, mas concentraram os olhares principalmente no centro dos estímulos xis (mapas à direita) e quadrado (mapas à esquerda). Adicionalmente, os olhares eram mais concentrados sobre os estímulos circulares ao redor do modelo nos arranjos com estímulo distintivo (mapas no topo) e menos concentrados nos arranjos com estímulos comuns.

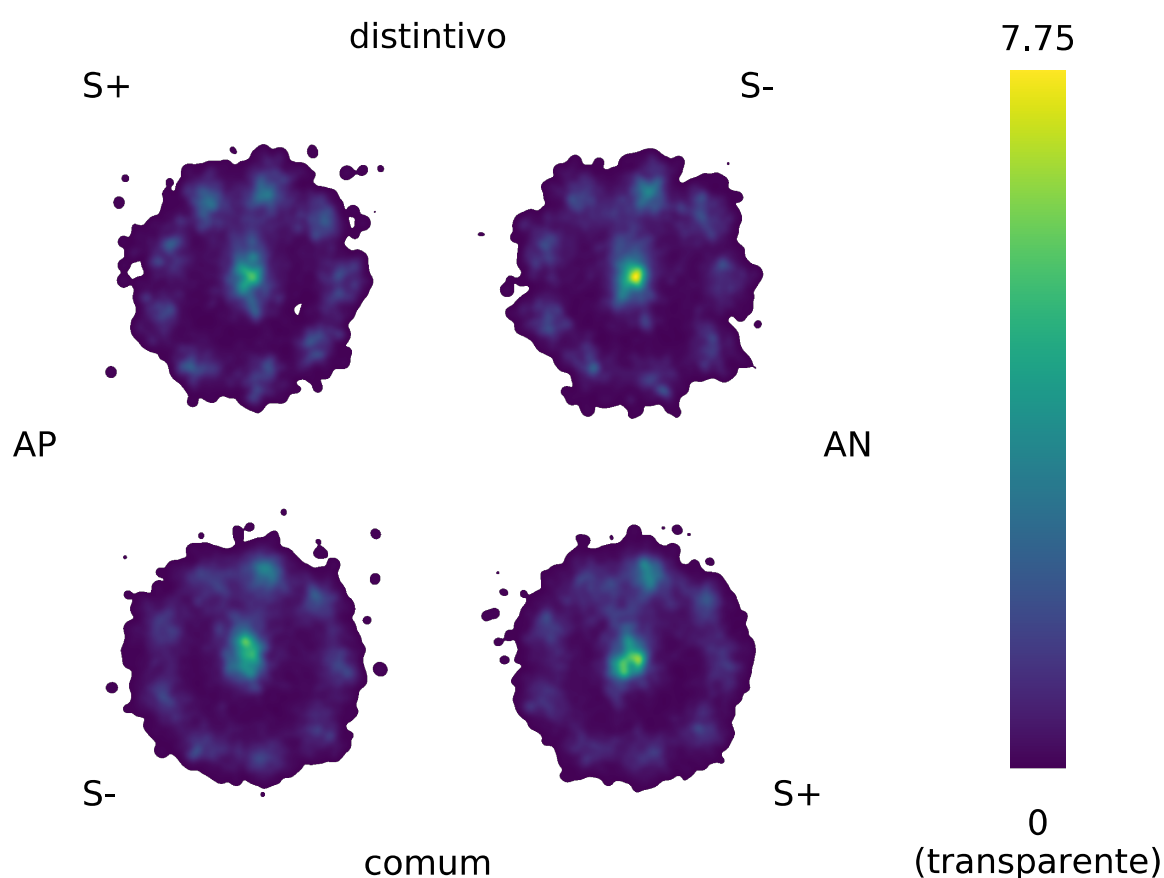


Figura 22. Mapa de calor perceptualmente uniforme da distribuição dos pontos de gaze de todas as tentativas na tela de referência. No topo estão agrupados os pontos durante arranjos contendo o elemento distintivo (quadradoAB+ esquerda e xixAB- direita), na base durante arranjos contendo apenas aspectos comuns (xisAA+ direita e quadradoAA- esquerda).
Legenda: AP = arranjos de aspecto positivo; AN = arranjos de aspecto negativo.

Em resumo, os dados permitem inferir que os participantes durante tentativas de aspecto negativo a) observavam menos os estímulos distintivos; b) concentravam mais a observação sobre o estímulo modelo (xis); c) apertavam mais o botão durante xisAB-, quando não deviam. Considerando a latência, os participantes demoravam mais para responder em ambos os arranjos positivos (quadradoAB+ e xisAA+) em comparação com os estudos anteriores. Por fim, embora a diferença na latência tenha sido aparentemente nula e a diferença entre a observação dos estímulos distintivos tenha sido a menor, o efeito de aspecto positivo no Estudo 4 foi o mais expressivo se comparado ao Estudo 2 e Estudo 3.

Discussão geral

Considerando os resultados do Estudo 1, o delineamento ABA utilizado produziu dois principais efeitos sobre a observação dos estímulos discriminativos (esquerda) e distrativos (direita). Durante a fase B, na qual vigorava extinção para o estímulo S- à esquerda e reforçamento para o estímulo S+ à esquerda, a alternância do olhar entre os estímulos à esquerda e a direita aumentava de forma notável para os sujeitos P1, P2 e P4. Deve-se notar, porém, que apenas as pressões ao botão estavam sob extinção e não havia qualquer restrição sobre a observação dos estímulos. Se esse incremento na alternância do olhar (Figura 6) for entendido como uma forma de aumento da variabilidade operante (Antonitis, 1951), será necessário reconhecer que a extinção de uma classe operante afeta não apenas a variabilidade da classe de respostas sob extinção, mas de outras classes operantes, neste caso relativas à observação dos estímulos.

Em segundo lugar, a proporção de olhar o estímulo S+ à esquerda aumentou durante a fase B (Figura 7) para os participantes P4 e P1. Esse resultado tanto corrobora a literatura sobre o efeito do reforçamento condicionado (Fantino, 1977) quanto atesta que o rastreador monocular utilizado era suficientemente sensível, contanto que correções de acurácia fossem conduzidas (Apêndice B).

Os referidos efeitos, documentados no Estudo 1, não foram confirmados no nível do grupo, mas isso não foi nenhuma surpresa. Estudos com participantes humanos frequentemente possuem variabilidade entre sujeitos. Alguns aspectos podem ter contribuído para tal variabilidade: a) O uso de CRF, embora tenha evitado comportamentos supersticiosos sob esquemas de intervalo, implicava que os pontos (os sons) poderiam sombrear ou bloquear os estímulos discriminativos, reduzindo ou impedindo a precisão geral do desempenho ao botão; b) o uso de estímulos distrativos, embora tenham permitido o registro da alternância do olhar ao longo de discriminações sucessivas, gerava reflexos de orientação

correlacionados com o início dos estímulos, o que por si só representava competição por tempo de observação dos estímulos discriminativos. Apelar para esses fatos não representa necessariamente nem a intenção de reduzir a variabilidade nem um contentamento ante sua presumível inevitabilidade. Espera-se tão somente que isso seja reconhecido como uma tentativa no sentido de sua compreensão.

O Estudo 1 desenvolveu, além de uma razoável certeza quanto à viabilidade e aos limites do rastreador ocular, as bases analíticas para os estudos subsequentes. O uso de medidas mais fundamentais, típicas da estatística descritiva analítico comportamental, como a proporção do olhar (Sainsbury, 1971a) e de índices baseados na diferença entre medidas complementares mostraram-se suficientes para a detecção dos efeitos mencionados. Deve-se notar que essas medidas não tem sido tradicionalmente usadas no campo do rastreamento de visão, campo no qual a detecção de eventos oculares (e.g., fixações, solavancos oculares, caminho percorrido pelo olhar, perseguição suave, etc.) tem sido a regra. Embora a estratégia baseada na detecção de eventos oculares possua vantagens e mereça ser perseguida, ela também impõe dificuldades. Por exemplo, todos os algoritmos de detecção de eventos oculares possuem limites que restringem sua aplicação em certos domínios (Nyström & Holmqvist, 2010). A aplicação desses algoritmos dentro de novos domínios, como o domínio das “respostas de observação” no campo analítico comportamental, exige cuidado e escrutínio que não foram possíveis no âmbito da exequibilidade do presente trabalho. Felizmente, esse trabalho já foi iniciado por pesquisadores no campo analítico comportamental (Arntzen & Hansen, 2013; Hansen & Arntzen, 2015; Magnússon, 2002; Magnusson, 2000), assim como estratégias mais complexas baseadas nos princípios de Aprendizado de Máquina e Inteligência Artificial no campo da visão computacional (e.g., Zemblys, Niehorster, Komogortsev, & Holmqvist, 2018).

Tomados em conjunto, Estudo 2, Estudo 3 e Estudo 4 demonstraram de forma inequívoca que haviam regularidades na observação operante dos estímulos distintivos durante arranjos de aspecto positivo (AB+/AA-) e de aspecto negativo (AA+/-AB-). Com exceção do Estudo 2, todos os estudos demonstraram forte evidência de um efeito de aspecto positivo como o viés predominante no processo discriminativo da maioria dos sujeitos seja no nível da observação dos estímulos, seja no nível dos apertos ao botão, seja no nível da latência. De fato, foi apenas por meio da análise conjunta de múltiplas fontes de dados que essa afirmação torna-se minimamente aceitável.

Se os dados atestaram o efeito de aspecto positivo no nível da observação natural dos estímulos (de forma mais notável na Figura 14, Figura 16 e Figura 17), eles corroboram o padrão documentado com respostas de observação inferidas a partir de comportamentos motores orientados a teclas ou botões, com mais observação dos estímulos distintivos durante arranjos de aspecto positivo (AB+/AA-). Porém, a observação natural (ou mais próxima da natural) poderia ter maior dispersão do que a observação artificial (e.g. Hearst, 1975; Sainsbury, 1969, 1971b). Um objetivo de estudos posteriores seria comparar a dispersão (variabilidade ou excentricidade) do olhar natural com a do olhar artificial.

O Estudo 2 e Estudo 3 corroboraram a influência do efeito de aspecto positivo sobre discriminações simples. Por sua vez, o Estudo 4 demonstrou que o efeito de aspecto positivo também pode ter influência direta sobre o desenvolvimento de discriminações condicionais (Figura 19). Estudos futuros podem investigar a relação desses resultados com o fenômeno da “superseletividade” de estímulos (Dube et al., 1999, 2003), tipicamente documentado no contexto de relações condicionais e testes de equivalência.

O Apêndice H, Figura 30, foca sobre um outro aspecto das observação dos estímulos e mostra a dispersão do olhar ao longo do Estudo 2, Estudo 3 e Estudo 4 que ocorria durante arranjos contendo estímulos distintivos e comuns (AB+ e AB-) ou apenas estímulos comuns

(AA+, AA-). Notavelmente, a dispersão oscilava mais na presença de arranjos contendo estímulos distintivos do que na presença de arranjos contendo apenas estímulos comuns, independente da presença ou ausência de reforçamento. Esses dados sugerem que parte da variabilidade nas respostas de observação possui determinantes respondentes associados ao elemento distintivo. Porém, esses dados demonstram apenas uma tendência geral e não permitem categorizar pontualmente a movimentação ocular entre operantes e respondentes.

Alguns aspectos metodológicos contribuíram para a exequibilidade dos estudos neste trabalho e merecem ser destacados. O procedimento com cada participante demandava aproximadamente trinta minutos, desde a abordagem inicial, passando pelas instruções, rotina de rastreamento ocular, treino discriminativo. Adicionalmente, a participação não era remunerada e ocorria presumivelmente por reforçadores intrínsecos à situação (e. g., parte dos participantes demonstraram curiosidade pelo tema, outros demonstraram genuína disposição de ajudar no desenvolvimento de um trabalho acadêmico, etc), o que reduzia o custo financeiro do empreendimento. A construção do rastreador ocular demandou poucos meses, com pequenos ajustes sendo necessários esporadicamente. O principal custo do empreendimento estava sobre a escrita do *software* necessário para a coleta e análise dos dados, o que só foi possível por conta de iniciativas *open-source* como o Pupil (Apêndice B) e Lazarus/Free Pascal (Picanço, 2018).

O efeito de aspecto positivo documentado desenvolveu-se por meio de reforço na modalidade auditiva, o som de caixa registradora, cujo estabelecimento ocorria por meio de instruções. Porém, o som não era apresentado imediatamente após apertos ao botão, mas apenas ao final de tentativas nas quais apertos ocorreram. É de amplo conhecimento que essa característica afeta negativamente a efetividade de um estímulo como reforço. Apesar disso, discriminações desenvolveram-se tanto sobre arranjos de aspecto positivo quanto arranjos de aspecto negativo com a maioria dos participantes. Tal característica foi utilizada

com o objetivo de evitar a competição entre reforço final (som) e reforço condicionado (intrínseco à observação dos estímulos discriminativos), o que fornecia maior segurança a respeito das medidas extraídas dos movimentos oculares. Porém, consequências imediatas são frequentemente a base de aplicações da análise do comportamento. Portanto, estudos futuros devem investigar o quanto essa competição ocorre, e o quanto isso afeta as medidas, porque essas informações possuem implicações sobre a acessibilidade do método em questão.

Sobre a funcionalidade do efeito de aspecto positivo

Na Análise Experimental do Comportamento, o estudo do controle exercido pelos estímulos tem sido marcado por uma tradição teórico separatista entre respondentes e operantes. Como esboçado na introdução do presente trabalho, essa tradição relegava processos pavlovianos a um lugar genérico de “evolução e sobrevivência da espécie”. Uma consequência direta dessa postura tem sido a tentativa, na Análise Experimental do Comportamento de base skinneriana, de explicar processos comportamentais complexos exclusivamente por meio de princípios operantes. Estratégias desse tipo incluem a “teoria da discriminação simultânea” sobre o efeito de aspecto positivo (Sainsbury, 1969), que apela exclusivamente ao princípio do reforçamento diferencial com o objetivo de explicar o efeito.

Sainsbury (1969) estava ciente das limitações da teoria. Ele afirmou, por exemplo, que a teoria não explicava porque os pombos começavam a bicar no estímulo distintivo ainda durante o pré-treino (que antecedia o treino discriminativo). Ele também afirmou, contudo, que aquilo que ocorria durante o pré-treino, embora não fosse explicado, também não desafiava a teoria. Por outro lado, princípios respondentes dão conta de explicar aquilo que ocorria durante o pré-treino, o que pode ser considerado como uma manifestação de *autoshaping* (Brown & Jenkins, 1968; Skinner, 1971). As declarações daquele autor sobre os limites de sua teoria deixavam a entender que processos respondentes não são mutuamente exclusivos ao fenômeno operante no contexto do efeito de aspecto positivo, mas sim

complementares. De fato, não existem razões para considerar que processos respondentes simplesmente “deixem de ocorrer” a partir do momento em que o reforçamento operante passe a atuar. Porém, deve-se mencionar que alguns casos podem representar desarmonia entre processos respondentes e operantes ocorrendo simultaneamente. Há evidências de que o efeito de aspecto positivo, com pombos, pode ser “amenizado” ou “tratado” removendo-se o reforço (Hearst, 1975). Essas evidências sugerem que o efeito de aspecto positivo, ao menos com pombos, em parte pode ser considerado como um efeito Breland, isto é, um efeito colateral indesejável do reforçamento operante (Breland & Breland, 1961).

Os resultados do Estudo 2, Estudo 3 e Estudo 4 demonstram o efeito de aspecto positivo no nível operante de apertos ao botão e de forma complementar por meio da observação dos estímulos. Entretanto, tudo indica que processos respondentes de observação dos estímulos atuaram de maneira consistente no sentido de permitir o desenvolvimento das discriminações operantes (e.g., Apêndice H). Embora a análise desenvolvida no presente trabalho não permita a reconstrução precisa do que os participantes fizeram no nível respondente, sugere-se que o *autoshaping* de respostas de orientação e a indução de respostas de observação por composição de estímulos antecedentes (Segal, 1972) são fortes candidatos a investigações futuras.

Referências

- Anrep, G. V. (1920). Pitch discrimination in the dog. *The Journal of Physiology*, 53(6), 367–385. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1920.sp001884>
- Antonitis, J. J. (1951). Response variability in the white rat during conditioning, extinction, and reconditioning. *Journal of Experimental Psychology*, 42(4), 273–281. <https://doi.org/10.1037/h0060407>
- Arntzen, E., & Hansen, S. (2013). Eye-Tracking Technology as an Additional Measurement in Conditional Discrimination Procedures. In *EyeTrackBehavior 2013 - Tobii Eye Tracking Conference on Behavioral Research*. Boston, MA. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2883.2248>
- Babcock, J. S., & Pelz, J. B. (2004). Building a Lightweight Eyetracking Headgear. In *Proceedings of the 2004 Symposium on Eye Tracking Research & Applications* (p. 109–114). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/968363.968386>
- Beckmann, J. S., & Young, M. E. (2007). The feature positive effect in the face of variability: Novelty as a feature. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 33(1), 72–77. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.33.1.72>
- Bindra, D. (1974). A motivational view of learning, performance, and behavior modification. *Psychological Review*, 81(3), 199–213. <https://doi.org/10.1037/h0036330>
- Breland, K., & Breland, M. (1961). The misbehavior of organisms. *American Psychologist*, 16(11), 681–684. <https://doi.org/10.1037/h0040090>
- Brown, P. L., & Jenkins, H. M. (1968). Auto-shaping of the pigeon's key-peck. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.1901/jeab.1968.11-1>
- Catania, A. C. (1999). *Aprendizagem: comportamento, linguagem e cognição*. (A. Schmidt, D. das G. de Souza, F. C. Capovilla, J. C. C. de Rose, M. de J. D. dos Reis, A. A. da Costa, ... A. Gadotti, Trans.). Porto Alegre: Artmed. (Obra original publicada em 1998).
- Colombo, J., & Mitchell, D. W. (2009). Infant visual habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(2), 225–234. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.06.002>

- Cowie, S., & Davison, M. (2016). Control by reinforcers across time and space: A review of recent choice research: Reinforcers in time and space. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 105(2), 246–269. <https://doi.org/10.1002/jeab.200>
- Deubner, R., & Lachnit, H. (1994). Gibt es einen Feature-Positive-Effekt beim klassischen Konditionieren im Humanbereich? [Is there a feature-positive effect in classical conditioning in humans?]. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 41(1), 1–16.
- Dinsmoor, J. A. (1983). Observing and conditioned reinforcement. *Behavioral and Brain Sciences*, 6(4), 693–704. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00017969>
- Dinsmoor, J. A. (1985). The role of observing and attention in establishing stimulus control. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 43(3), 365–381. <https://doi.org/10.1901/jeab.1985.43-365>
- Droettboom, M., Caswell, T. A., Hunter, J., Firing, E., Nielsen, J. H., Varoquaux, N., ... Cimarron. (2017, dezembro 10). Matplotlib/Matplotlib: Rel: V2.1.1. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1098480>
- Dube, W. V., Dickson, C. A., Balsamo, L. M., O'Donnell, K. L., Tomanari, G. A. Y., Farren, K. M., ... McIlvane, W. J. (2010). Observing Behavior and Atypically Restricted Stimulus Control. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 94(3), 297–313. <https://doi.org/10.1901/jeab.2010.94-297>
- Dube, W. V., Lombard, K. M., Farren, K. M., Flusser, D. S., Balsamo, L. M., & Fowler, T. R. (1999). Eye tracking assessment of stimulus overselectivity in individuals with mental retardation. *Experimental Analysis of Human Behavior Bulletin*, 17, 267–271.
- Dube, W. V., Lombard, K. M., Farren, K. M., Flusser, D. S., Balsamo, L. M., Fowler, T. R., & Tomanari, G. A. Y. (2003). Stimulus overselectivity and observing behavior in individuals with mental retardation. In S. Soraci & K. Murata-Soraci (Orgs.), *Visual Information Processing* (p. 109–123). Westport, CT: Praeger.
- Eerland, A. (2012). *The Feature Positive Effect in Legal Decision Making: Processing and Evaluating Present and Absent Forensic Evidence* (eBook). Erasmus University

Rotterdam, Faculty of Social Sciences (FSS), Erasmus University Rotterdam.

Recuperado de hdl.handle.net/1765/32660

- Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (p. 226–231). Menlo Park, CA: AAAI Press. Recuperado de <http://www.aaai.org/Library/KDD/kdd96contents.php>
- Fantino, E. (1977). Conditioned reinforcement: Choice and information. In *Handbook of operant behavior* (p. 71–77). Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Gibbon, J., Berryman, R., & Thompson, R. L. (1974). Contingency spaces and measures in classical and instrumental conditioning. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21(3), 585–605. <https://doi.org/10.1901/jeab.1974.21-585>
- Haggbloom, S. J. (1983). Feature-negative effect in rats' discrimination learning in the runway. *Animal Learning & Behavior*, 11(3), 367–372. <https://doi.org/10.3758/BF03199789>
- Hansen, S., & Arntzen, E. (2015). Fixating, attending, and observing: a behavior analytic eye-movement analysis. *European Journal of Behavior Analysis*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/15021149.2015.1090750>
- Hearst, E. (1975). Pavlovian Conditioning and Directed Movements. In G. H. Bower (Org.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 9, p. 215–262). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60272-8](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60272-8)
- Hearst, E. (1978). Stimulus relationships and feature selection in learning and behaviour. In S. H. Hulse, H. Fowler, & W. K. Honig (Orgs.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum Associates.
- Hearst, E. (1988). The feature-positive effect in pigeons: Conditionality, overall predictiveness, and type of feature. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 26(1), 73–76. <https://doi.org/10.3758/BF03334866>
- Hearst, E., & Jenkins, H. M. (1974). *Sign-tracking: The stimulus-reinforcer relation and directed action*. Austin, TX: Psychonomic Society.

- Holland, P. C. (1992). Occasion Setting in Pavlovian Conditioning. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 28, p. 69–125). Elsevier.
[https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60488-0](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60488-0)
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Huziwara, E. M., de Souza, D. das G., & Tomanari, G. A. Y. (2016). Patterns of eye movement in matching-to-sample tasks. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 29(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1186/s41155-016-0010-3>
- Jenkins, H. M., & Sainsbury, R. S. (1967). *Discrimination learning with the distinctive feature on positive and negative trials* (Technical Report No. 4). Tahoe, California: McMaster University.
- Jenkins, H. M., & Sainsbury, R. S. (1969). The development of stimulus control through differential reinforcement. In N. J. Mackintosh & W. K. Honig (Orgs.), *Fundamental issues in associative learning*. Halifax: Dalhousie University Press.
- Kaplan, I. T., & Schoenfeld, W. N. (1966). Oculomotor patterns during the solution of visually displayed anagrams. *Journal of Experimental Psychology*, 72(3), 447–451.
<https://doi.org/10.1037/h0023632>
- Kassner, M. P., & Patera, W. R. (2012). *PUPIL: Constructing the Space of Visual Attention*. Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de
<http://hdl.handle.net/1721.1/72626>
- Kassner, M. P., Patera, W. R., & Bulling, A. (2014). Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-based Interaction. *CoRR*, abs/1405.0006. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1405.0006>
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1995). *Principles of psychology: a systematic text in the science of behavior*. Acton, Mass.: Copley Pub. Group (Obra original publicada em 1950).
- Mackintosh, N. J. (1977). Stimulus control: Attentional factors. In W. K. Honig & J. E. R. Staddon (Orgs.), *Handbook of operant behavior* (p. 481–513). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Magnússon, A. F. (2002). *Topography of eye movements under select and reject control* (Master's thesis). Northeastern University, Boston, MA.
- Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(1), 93–110. <https://doi.org/10.3758/BF03200792>
- Morris, R. C. (1977). Spatial variables and the feature-positive effect. *Learning and Motivation*, 8(2), 194–212. [https://doi.org/10.1016/0023-9690\(77\)90005-4](https://doi.org/10.1016/0023-9690(77)90005-4)
- Nallan, G. B., Pace, G. M., McCoy, D. F., & Zentall, T. R. (1983). The Role of Elicited Responding in the Feature-Positive Effect. *The American Journal of Psychology*, 96(3), 377–390. <https://doi.org/10.2307/1422319>
- Norton, G. R., Muldrew, D., & Strub, H. (1971). Feature-positive effect in children. *Psychonomic Science*, 23(4), 317–318. <https://doi.org/10.3758/BF03336129>
- Nyström, M., Andersson, R., Holmqvist, K., & van de Weijer, J. (2013). The influence of calibration method and eye physiology on eyetracking data quality. *Behavior Research Methods*, 45(1), 272–288. <https://doi.org/10.3758/s13428-012-0247-4>
- Nyström, M., & Holmqvist, K. (2010). An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eyetracking data. *Behavior Research Methods*, 42(1), 188–204. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.188>
- Ono, K. (1987). Superstitious behavior in humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 47(3), 261–271. <https://doi.org/10.1901/jeab.1987.47-261>
- Palmer, D. C. (2010). Behavior under the microscope: Increasing the resolution of our experimental procedures. *The Behavior Analyst*, 33(1), 37–45. <https://doi.org/10.1007/BF03392202>
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Oxford, England: Oxford Univ. Press.
- Perez, W. F., Endemann, P., Pessôa, C. V. B. B., & Tomanari, G. A. Y. (2015). Assessing Stimulus Control in a Discrimination Task with Compound Stimuli: Evaluating Testing Procedures and Tracking Eye Fixations. *The Psychological Record*, 65(1), 83–88. <https://doi.org/10.1007/s40732-014-0092-1>

- Perone, M., & Kaminski, B. J. (1992). Conditioned reinforcement of human observing behavior by descriptive and arbitrary verbal stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 58(3), 557–575. <https://doi.org/10.1901/jeab.1992.58-557>
- Picanço, C. R. F. (2018). *Stimulus Control* [Multiplataforma]. Free Pascal. Recuperado de https://github.com/cpicanco/stimulus_control/releases
- R Core Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- Reberg, D., & Memmott, J. (1979). Shock as a signal for shock or no-shock: a feature-negative effect in conditioned suppression. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 32(3), 387–397. <https://doi.org/10.1901/jeab.1979.32-387>
- Rescorla, R. A. (1967). Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review*, 74(1), 71–80. <https://doi.org/10.1037/h0024109>
- Rescorla, R. A. (1972). Informational Variables in Pavlovian Conditioning. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 6, p. 1–46). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60383-7](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60383-7)
- Ross, R. T. (1983). Relationships between the determinants of performance in serial feature-positive discriminations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9(4), 349–373. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.9.4.349>
- Ross, R. T., & Holland, P. C. (1981). Conditioning of simultaneous and serial feature-positive discriminations. *Animal Learning & Behavior*, 9(3), 293–303. <https://doi.org/10.3758/BF03197835>
- Ross, R. T., & LoLordo, V. M. (1986). Blocking during serial feature-positive discriminations: Associative versus occasion-setting functions. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 12(4), 315–324. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.12.4.315>
- Sainsbury, R. S. (1969). *The role of distinguishing features in discrimination learning* (Unpublished doctoral dissertation). McMaster University, Tahoe, California. Recuperado de <http://catalogue.mcmaster.ca/catalogue/Record/726910>

- Sainsbury, R. S. (1971a). Effect of proximity of elements on the feature-positive effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 16(3), 315–325.
<https://doi.org/10.1901/jeab.1971.16-315>
- Sainsbury, R. S. (1971b). The “feature positive effect” and simultaneous discrimination learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 11(3), 347–356.
[https://doi.org/10.1016/0022-0965\(71\)90039-7](https://doi.org/10.1016/0022-0965(71)90039-7)
- Sainsbury, R. S. (1973). Discrimination learning utilizing positive or negative cues. *Canadian Journal of Psychology*, 27(1), 46–57. <https://doi.org/10.1037/h0082454>
- Sainsbury, R. S., & Jenkins, H. M. (1967). Feature-positive effect in discrimination learning. In *Proceedings of the Annual Convention of the American Psychological Association* (Vol. 2, p. 17–18).
- Segal, E. F. (1972). Induction and the provenance of operants. In R. M. Gilbert & J. R. Millenson (Eds.), *Reinforcement: Behavioral analyses* (p. 1–34). New York: Academic Press.
- Serna, R. W., & Carlin, M. T. (2001). Guiding visual attention in individuals with mental retardation. In *International Review of Research in Mental Retardation* (Vol. 24, p. 321–357). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0074-7750\(01\)80013-6](https://doi.org/10.1016/S0074-7750(01)80013-6)
- Shahan, T. A. (2010). Conditioned Reinforcement and Response Strength. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 93(2), 269–289.
<https://doi.org/10.1901/jeab.2010.93-269>
- Shahan, T. A., & Cunningham, P. (2015). Conditioned reinforcement and information theory reconsidered. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 103(2), 405–418.
<https://doi.org/10.1002/jeab.142>
- Skinner, B. F. (1931). The Concept of the Reflex in the Description of Behavior. *The Journal of General Psychology*, 5(4), 427–458.
<https://doi.org/10.1080/00221309.1931.9918416>
- Skinner, B. F. (1935). Two Types of Conditioned Reflex and a Pseudo Type. *The Journal of General Psychology*, 12(1), 66–77. <https://doi.org/10.1080/00221309.1935.9920088>

- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms*. New York, London: D. Appleton-Century Company, incorporated.
- Skinner, B. F. (1969). *Contingencies of reinforcement: a theoretical analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1971). Autoshaping. *Science*, 173(3998), 752–753.
<https://doi.org/10.1126/science.173.3998.752>
- Steingrimsdottir, H. S., & Arntzen, E. (2016). Eye Movements During Conditional Discrimination Training. *The Psychological Record*, 66(2), 201–212.
<https://doi.org/10.1007/s40732-015-0156-x>
- Tomanari, G. A. Y. (2004). Human observing behavior maintained by S+ and S-: Preliminary data. *International Journal of Psychology and e Psychological Therapy*, 4, 155–163.
- Tomanari, G. A. Y., Balsamo, L. M., Fowler, T. R., Lombard, K. M., Farren, K. M., & Dube, W. V. (2007). Manual and Ocular Observing Behavior in Human Subjects. *European Journal of Behavior Analysis*, 8(1), 29–40.
<https://doi.org/10.1080/15021149.2007.11434271>
- Wagner, G. A., & Morris, E. K. (1987). “Superstitious” Behavior in Children. *The Psychological Record*, 37(4), 471–488. <https://doi.org/10.1007/BF03394994>
- Williams, T., & Kelley, C. (2016). *Gnuplot 5.0: an interactive plotting program*.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), 459–482.
<https://doi.org/10.1002/cne.920180503>
- Zemblys, R., Niehorster, D. C., Komogortsev, O., & Holmqvist, K. (2018). Using machine learning to detect events in eye-tracking data. *Behavior Research Methods*, 50(1), 160–181. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0860-3>

Apêndice A

Problemas de acessibilidade ao método de rastreamento de visão

Primeiro, o custo financeiro das principais plataformas comerciais de rastreamento de movimentos oculares é excessivamente alto, deveras proibitivo a pesquisadores em início de carreira de países em desenvolvimento. Segundo, as principais plataformas de rastreamento de movimentos oculares tem adotado o “código fechado” como modelo de desenvolvimento de programas de computador. Nesse modelo, o código-fonte dos programas não pode ser modificado, copiado e nem auditorado de maneira independente pelos pesquisadores. Isso, restringe o estudo dos sistemas, impede que eventuais limitações sejam superadas de maneira independente e gera conflitos de interesse com o ambiente de pesquisa científica.

Por exemplo, é impossível inspecionar como os algoritmos de detecção de eventos oculares foram implementados. Como todos os algoritmos do gênero possuem limitações (Nyström & Holmqvist, 2010), é indispensável adaptá-los às demandas frequentemente específicas de uma pesquisa. Além disso, se o sistema de rastreamento de movimentos oculares tem como saída apenas um vídeo com marcadores indicando a posição do ponto de visão focal (ponto de gaza), então o vídeo deve ser codificado por meio de inspeção visual por um observador. Esse observador identificará quais estímulos foram olhados pelos participantes durante uma sessão (e.g., Perez et al., 2015). Obter concordância entre observadores exigiria no mínimo mais uma rodada de codificação e consumiria ainda mais tempo.

Apêndice B

A plataforma Pupil, uma breve introdução⁴

A plataforma Pupil é uma iniciativa da empresa Pupil Labs ©, uma *startup* multinacional com sede em Berlin, Alemanha. A plataforma é composta por componentes de *hardware* e *software*. Considerando o *hardware*, a empresa vende tanto modelos prontos para uso quanto um modelo “faça você mesmo” que pode ser montado pelo usuário final (Pupil Dev). O modelo “faça você mesmo” é exclusivo para uso não comercial (embora uma licença comercial possa ser comprada) e permite apenas rastreamento monocular. Trata-se de uma impressão 3D (disponível em https://www.shapeways.com/shops/pupil_store) composta por um suporte de cabeça em forma de óculos e dois encaixes para câmeras. Sua estrutura geométrica foi otimizada para a cabeça de adultos. Em tese, o suporte permite integração com quaisquer câmeras, pois os projetos de impressão 3D dos encaixes são abertos (código disponível em <https://github.com/pupil-labs/pupil-hardware-diy>). Essa versatilidade é importante, pois assegura a manutenção e atualização dos dispositivos ao longo do tempo. Este autor argumenta que a plataforma Pupil, além de promover a cultura “faça você mesmo”, promove também práticas de ciência aberta ao permitir e incentivar modificações em seus produtos. Em contraste, tais modificações estariam contra os termos de uso (*End User License Agreement*) de outras marcas da indústria de rastreadores de visão (e.g., Eyetracking, Inc ©, ISCAN Inc ©, SR Research Ltd. ©, SensoMotoric Instruments GmbH ©, Tobii ©).

O *hardware* vendido pela Pupil Labs © é definitivamente barato. Para acadêmicos, um modelo monocular pronto para uso custaria aproximadamente R\$ 10.000,00 e o modelo monocular “faça você mesmo” aproximadamente R\$ 1.500,00. Para uma breve comparação

⁴ Versão ampliada e tradução livre da primeira parte do artigo “A Low-Cost Platform for Eye-Tracking Research: Using Pupil© in Behavior Analysis” aceito para publicação no *Journal of Experimental Analysis of Behavior*.

com outra alternativa no mercado de rastreadores, o modelo binocular Tobii © Eye Tracking Glasses 2 custaria aproximadamente R\$ 103.000,00 (e o *software* não viria incluso). Todos esses valores foram consultados em Janeiro de 2018, e possuem imposto de importação, ICMS e frete inclusos. Portanto, argumenta-se que a plataforma Pupil promove acessibilidade ao reduzir custos de *hardware* e *software* nesse campo tecnológico de ponta, aumentando as chances de laboratórios sustentáveis ao longo do tempo.

O *software* é disponibilizado por meio de um repositório público (<https://github.com/pupil-labs>) sob a licença LGPL3, de autoria da *Free Software Foundation*. O *software* Pupil estará disponível para sempre, pois essa licença não pode ser revogada. Esta licença também permite que o *software* Pupil seja integrado, seja por funcionários da empresa, seja por colaboradores externos, ao código-fonte privado de terceiros bem como ao código-fonte livre de programas de computador no contexto científico. Isto coloca a comunidade Pupil (funcionários da empresa ou colaboradores externos) em uma posição estratégica de diálogo, permitindo ao mesmo tempo integração com o campo comercial e o campo acadêmico não comercial. Outra característica do *software* Pupil é sua arquitetura modular. Ela permite que outros módulos (*plugins*), escritos na popular linguagem de programação Python, sejam integrados de forma ágil. Ainda outra característica, é que o *software* é multi plataforma e pode ser executado nos sistemas operacionais Windows 10, Mac OS X, assim como aqueles baseados no *kernel* GNU/Linux, o que amplia o ecossistema em torno da plataforma e aumenta as chances de longevidade do sistema. Uma descrição mais completa da plataforma pode ser encontrada na literatura acadêmica (Kassner & Patera, 2012; Kassner, Patera, & Bulling, 2014) e na documentação técnica *on-line* (<http://docs.pupil-labs.com>).

Gravação de sessões e pós-processamento

O conjunto de *softwares* da plataforma Pupil (ver <https://github.com/pupil-labs>), inclui dois programas para fins de gravação de sessões e pós-processamento desses registros: *Capture* e *Player*. O uso básico e a configuração básica desses programas não exige conhecimento de programação, pois ambos possuem instaladores acessíveis e interfaces gráficas amigáveis de apontar e clicar.

O *Capture*, programa que permite a gravação de sessões, faz a detecção pupilar, detecção de pontos de referência, calibragem e o mapeamento de pontos de gaza, tudo com pré-visualizações em tempo real. Sua interface gráfica inclui duas janelas, uma com a pré-visualização da câmera do mundo e outra da câmera do olho. Um círculo vermelho indica o ponto de gaza no vídeo da janela da câmera do mundo e indica o centro pupilar no vídeo da janela da câmera do olho. Uma primeira função desse programa é permitir a calibragem. Como o procedimento de calibragem é fundamental (mais detalhes na seção seguinte), é indispensável ao operador do sistema ter *feedback* imediato sobre o rastreamento, por isso a pré-visualização em tempo real é tão importante. Uma segunda função do *Capture*, é o registro das sessões. Os registros incluem, dentre outros, um arquivo de vídeo da câmera do cenário, um arquivo de vídeo da câmera do olho e um arquivo de dados contendo (para cada imagem de cada vídeo) a) o tempo no qual cada imagem foi registrada; b) as coordenadas (x, y) de cada ponto de gaza mapeado no espaço do cenário e c) uma medida de confiança do sistema Pupil sobre a detecção pupilar realizada.

Por sua vez, essas gravações alimentam o *Player*, o aplicativo de pós-processamento. Uma primeira função do *Player* é de executar as gravações permitindo a inspeção visual de como o rastreo ocorreu durante a sessão. Os pontos de gaza podem ser sobrepostos nos vídeos por meio de diferentes ferramentas (círculos, cruzeiros, alvos, foco, etc.). Outra função do *Player* é de transformar os pontos de gaza para outros sistemas de coordenadas e de

exportar esses dados para análises subsequentes. Módulos customizados podem estender as funcionalidades do *Player*, permitindo a transformação dos dados antes de exportá-los.

Calibragem de rastreadores monoculares

O mecanismo de registro de movimentos oculares do rastreador envolve duas câmeras, a câmera do mundo, direcionada ao cenário na frente do participante, e a câmera do olho, uma câmera direcionada ao olho do participante. Correspondentemente, em um estudo comportamental típico, considere que há um cenário composto por estímulos que será registrado pela câmera do mundo, que um participante olha na direção desses estímulos e que o olhar será registrado pela câmera do olho. O sistema Pupil, então, analisa cada imagem da câmera do olho detectando a forma da pupila do participante e ajustando uma elipse a essa forma. Com os parâmetros da elipse, é possível computar a orientação do centro pupilar em relação à órbita do olho (Kassner et al., 2014). Paralelamente, todas as imagens da câmera do mundo e o conteúdo do cenário vão sendo armazenadas.

Mas saber a orientação do centro pupilar em relação à órbita não se traduz automaticamente em saber aonde está o ponto de visão focal (o ponto de gaza). Para saber a localização do ponto de gaza, o sistema Pupil deve ser ensinado sobre a correspondência entre orientação pupilar e cenário, como detectados a partir das imagens da câmera do olho e do mundo, respectivamente. Esse é o propósito da calibragem, um procedimento que deve necessariamente ser conduzido para cada participante ao começar uma sessão.

Durante a calibragem, o participante é solicitado a olhar para diversos pontos de referência, pontos esses conhecidos de antemão pelo *software* Pupil. A partir do registro de orientação pupilar e do conhecimento prévio dos pontos de referência, o *software* Pupil mapeia o cenário localizando os pontos de gaza. Matematicamente, os coeficientes de um polinômio bivariável são ajustados de forma a predizer as coordenadas (x, y) de pontos não conhecidos a partir daqueles conhecidos. Após a calibragem ser finalizada, esse polinômio é

usado para traduzir (mapear) orientações pupilares para posições (estimadas) de gaza. Note que o polinômio é específico para cada participante, pois depende da morfologia da face de cada um deles, ou seja, a calibragem deve ser necessariamente conduzida para cada participante.

Automatizando coleta e análise de dados

O sistema Pupil padrão até então descrito é suficiente para a condução de pesquisas que envolvam o rastreo de visão e análise por inspeção visual. Cada gravação deve começar checando se a pupila de um participante está sendo detectada satisfatoriamente. Então a gravação pode ser iniciada apertando-se um botão na interface gráfica do *Capture* ou atalho no teclado. Assim, com boa detecção pupilar, o operador pode prosseguir conduzindo o procedimento de calibragem. Durante a sessão, estímulos podem ser apresentados em uma tela por meio de programas de terceiros ou manualmente. A gravação pode ser encerrada pressionando-se um outro botão a qualquer momento. O experimentador, a partir daí, poderá assistir aos vídeos no *Player*. Por meio da sobreposição do ponto de gaza sobre as imagens do cenário ele poderá julgar para aonde o participante estava olhando. Ele também poderá otimizar o processo de calibragem, por exemplo, retirando do campo amostral da calibragem pontos de referência nos quais a detecção pupilar não ocorreu bem.

Um problema com esse método, obviamente, é que ele exige que um observador humano categorize os pontos de gaza de acordo com sua localização no cenário, um procedimento que consome muito tempo. A natureza aberta do *software* Pupil, entretanto, torna possível estender o sistema e automatizar a análise. Para os fins deste trabalho, tal extensão exigiu as seguintes adições à plataforma Pupil.

Primeiro, o registro do tempo dos eventos ambientais e comportamentais de interesse deve ser sincronizado com o registro de tempo do *Capture*. A maneira mais simples de fazer isso manualmente é usar atalhos de teclado associados a Anotações Pupil (*Pupil annotations*,

cf. <http://docs.pupil-labs.com>). A maneira mais simples de automatizar isso é fazer com que o *Capture* e o programa de apresentação de estímulos e registro de respostas usem a mesma função de tempo do sistema operacional (em sistemas GNU/Linux, por exemplo, essa função chama-se *clock_gettime*).

Segundo, por questões práticas, os estímulos devem ser apresentados à câmera do mundo por meio de um mesmo plano de referência. A apresentação manual de estímulos é possível mas, como mencionado no primeiro ponto, exigiria adicionalmente que o registro paralelo de tempo dos eventos fosse sincronizado com o *Capture*. No presente caso, a apresentação dos estímulos em uma tela projetada na parede era controlada pelo mesmo programa de registro de tempo.

Terceiro, um módulo de transformação de coordenadas de um plano para outro deve ser adicionado ao *Player*. Lembre que o principal dado de saída do *Capture* são coordenadas do ponto de gaza em relação ao cenário, isto é, em relação ao retângulo das imagens da câmera do mundo (ver Figura 23, painel 1). Analisar os pontos de gaza sobre os estímulos definidos pelo experimentador exige saber aonde os estímulos estão localizados nesse retângulo. Algoritmos de detecção de contornos como os da biblioteca OpenCV (distribuída juntamente com o Pupil) podem ser usados para esse fim, mas eles funcionam melhor com formas simples sobre fundos de alto contraste. Ao invés de detectar os estímulos individualmente, recomenda-se detectar os quatro cantos do plano de referência utilizado, no presente caso os cantos da tela projetada na parede (Figura 23, painel 2), e em seguida converter as coordenadas dos pontos de gaza do retângulo do cenário para o retângulo do plano de referência. Essa detecção é facilitada ao projetar uma tela branca em um fundo mais escuro, tal como uma parede em uma sala com luzes atenuadas. O nome técnico desse tipo de transformação de perspectiva é “transformação homográfica”. Na Figura 23, o painel 3 ilustra o resultado da transformação do plano de referência. O módulo de transformação

homográfica utilizado pode ser encontrado em https://github.com/cpicanco/player_plugins/ juntamente com instruções para adicioná-lo ao *Player*.

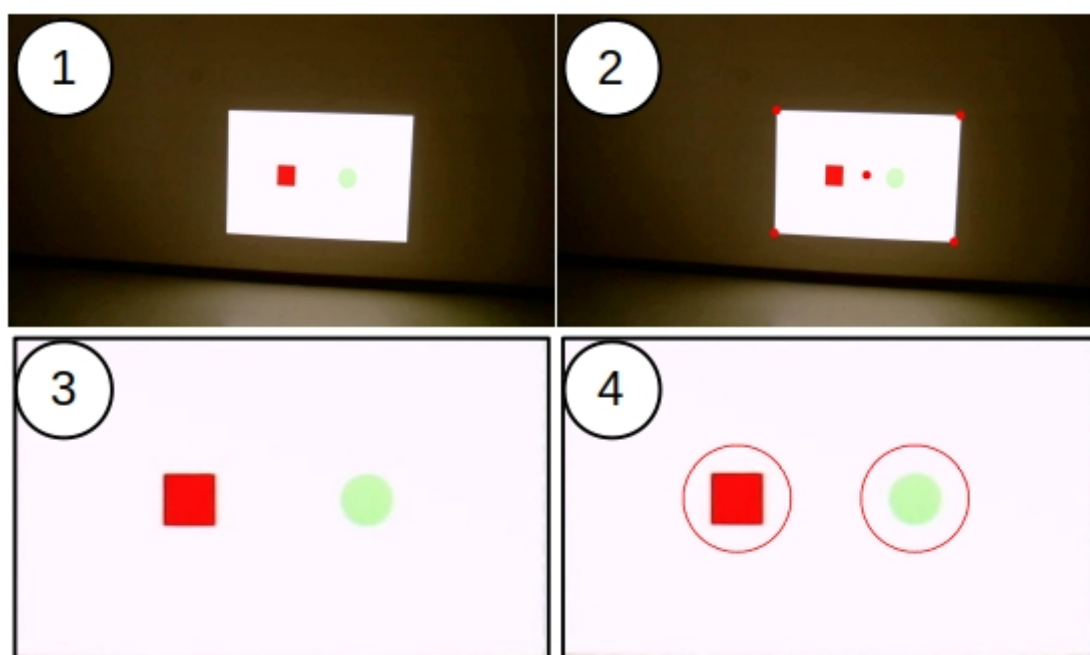


Figura 23. Etapas de detecção dos estímulos a partir das imagens do cenário. O primeiro painel é uma imagem tal como recebida pela câmera do mundo; ela contém o cenário, a projeção da tela com os estímulos. O segundo painel ilustra a detecção da tela na imagem do cenário. O terceiro painel ilustra a tela de referência após a transformação de perspectiva; com distorções de trapézio corrigidas. O quarto painel ilustra os limites dos estímulos no espaço da tela de referência (ver seção “Análise de Dados”).

Independentemente da abordagem escolhida para se detectar os estímulos, é recomendado converter os pontos de gaza para coordenadas normalizadas no plano cartesiano da tela. Recomenda-se também salvar os dados convertidos em texto plano, delimitado por vírgula ou tabulação, uma linha por imagem, um arquivo por sessão. A análise de dados pode, então, prosseguir comparando os pontos de gaza mapeados pelo Pupil com a localização dos estímulos na tela.

Qualidade de dados na plataforma Pupil

A seção seguinte (Otimizando a qualidade dos dados), ilustra como contornar uma limitação de dados exportados com baixa qualidade. A presente seção apresenta uma breve

revisão de duas medidas de “qualidade” dos dados. Acurácia e precisão são medições distintas e complementares usadas pelo sistema Pupil para a aferição da qualidade do rastreamento. Considere um ponto P para o qual, com razoável certeza, um participante estava olhando fixamente. A Figura 24 apresenta uma simulação de rastreamento do olhar nessas condições.

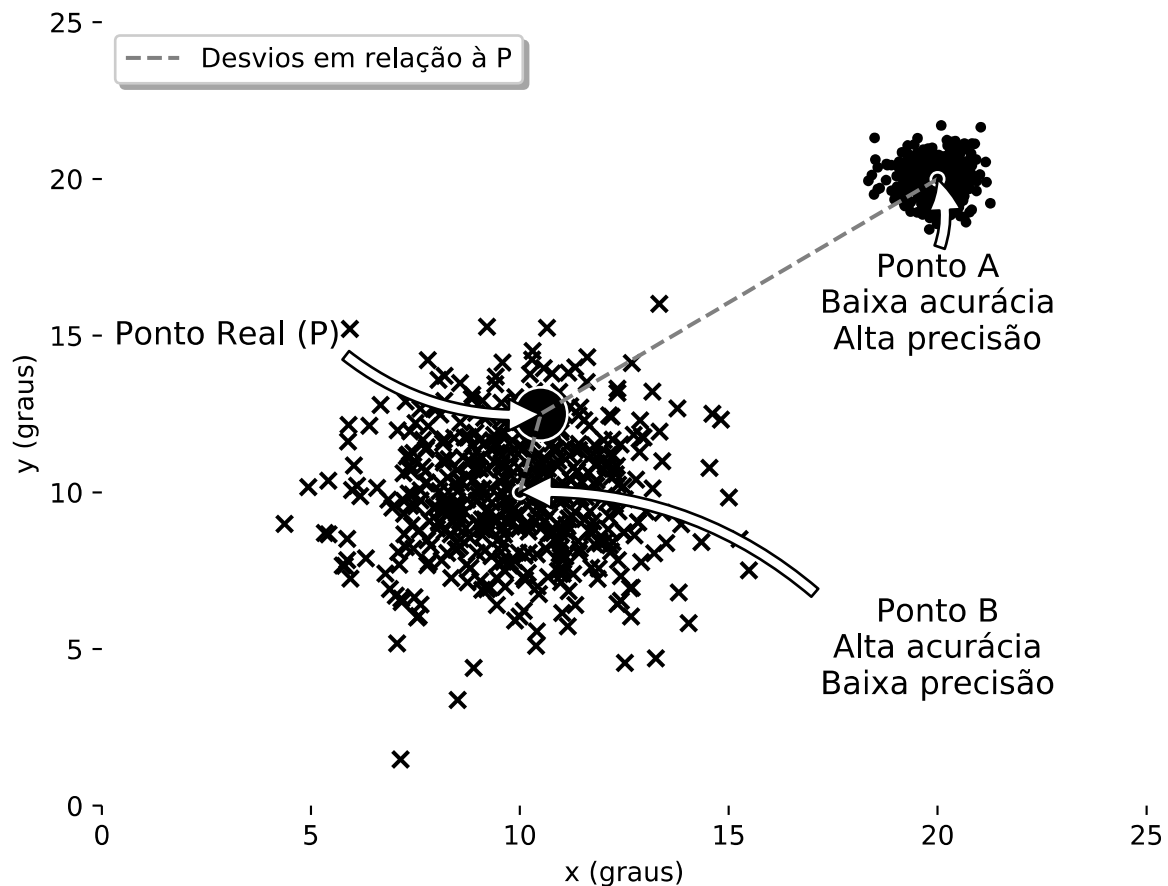


Figura 24. Simulação de dados de observação de um ponto de referência conhecido (P). À esquerda, o conjunto de pontos em torno do ponto B possui alta acurácia e baixa precisão. À direita, o conjunto em torno do ponto A possui baixa acurácia e alta precisão.

A Figura 24 contém a distribuição de dois conjuntos de pontos de gaza. Esses conjuntos ilustram diferenças entre acurácia e precisão entre dois momentos hipoteticamente distintos. Em um primeiro momento (distribuição em torno do ponto A) os dados possuem baixa acurácia e alta precisão, e em outro momento (distribuição em torno do ponto B) os

dados possuem alta acurácia e baixa precisão. Claramente, cada medida é independente uma da outra. Elas possuem efeitos característicos distintos sobre as distribuições de pontos.

A acurácia tem sido definida por meio dos desvios entre um ponto real (Figura 24, ponto P) e um ponto reportado (e.g., Figura 24, ponto A). Por sua vez, a precisão tem sido definida como a variância em relação à média dos valores reportados (isto é, o quão juntos os pontos de cada conjunto estão próximos de si mesmo). Como os dados brutos simulados são pontos em um plano cartesiano, a acurácia é geralmente mensurada por meio da média das distâncias euclidianas de pares de pontos, o que equivale à diferença entre ponto real e ponto reportado. A precisão, por sua vez, é mensurada por meio da raiz do valor quadrático médio (*root-mean-square*), que é equivalente ao desvio padrão bidimensional quando a média dos pontos é igual a (ou movida para) zero. Consequentemente, a acurácia fornece informação sobre o quão próximo ponto real e ponto estimado estão, e a precisão o quão dispersa é esta estimativa.

As principais fontes de erro que afetam a precisão do sistema estão relacionadas com a detecção pupilar. Por exemplo, o foco da câmera deve estar sobre a pupila, a iluminação infravermelha deve estar adequada, quanto maior o número de imagens por segundo de uma câmera, menores as chances de imagens distorcidas por movimentação da pupila, e assim por diante. De acordo com a experiência deste autor, ao assegurar condições ótimas de detecção pupilar, o sistema Pupil tem demonstrado altíssima precisão (com dispersão menor do que 0.005 graus do ângulo de visão), o que tem dispensado correções nesse nível.

Infelizmente, por diferentes motivos, excelente calibragem e excelente precisão não implicam necessariamente excelente acurácia. Como mencionado anteriormente, a seção seguinte apresenta problemas relacionados à acurácia dos dados exportados, assim como possíveis soluções para esses problemas. Note que as observações a seguir tomam como

referência especificamente as dificuldades com o sistema Pupil e o rastreador monocular efetivamente usados (Pupil Dev).

Otimizando a qualidade dos dados

Até o presente momento, os dados registrados pelo sistema de rastreamento monocular possuem ao menos três problemas. O primeiro problema tem relação com a frequência absoluta de detecção pupilar. Momentos nos quais a detecção pupilar falhou resultam em blocos de linhas faltantes nos arquivos de dados, com a diferença de tempo entre duas linhas sucessivas maior do que o esperado. A detecção pupilar pode falhar por razões bem justificáveis. Por exemplo, se o participante está espirrando ou tossindo seus olhos ficarão fechados e simplesmente não é possível detectar a pupila com olhos fechados.

Mas blocos faltantes podem significar uma câmera com problemas. Toda câmera possui uma taxa de amostragem máxima de imagens por segundo. Se a taxa está anormalmente baixa, pode ser porque há pouca luz chegando aos fotosensores da câmera. Recomenda-se assegurar condições de iluminação mínimas, tal como indicado pelo fabricante da câmera. Se ainda assim a taxa máxima alcançada não for satisfatória, não há outra solução senão recorrer a outra câmera com taxa de amostragem maior. Atualmente, as alternativas disponíveis permitem de 30 a 200 imagens por segundo como taxa máxima de amostragem.

Outro problema tem relação com a detecção de falsos positivos. Olhos fechados estão fortemente associados à detecção pupilar com baixa confiança (tal como reportada pelo Pupil). Nesses momentos, o canto dos olhos pode ser consistentemente detectado, gerando falsos positivos fora dos limites do plano de referência sob análise. Os dados reportados nos estudos desta tese, na prática, não foram significativamente afetados por tais falsos positivos porque tudo o que estava fora do plano de referência era descartado durante o pós-

processamento dos dados (na maioria dos casos gerando pequenas e desprezíveis lacunas temporais).

Embora os algoritmos de detecção do Pupil tenham melhorado sua acurácia ao longo dos anos, um problema grave, de acordo com a experiência deste autor, tem persistido: a deterioração da acurácia do mapeamento ao longo do tempo. O painel superior da Figura 25 ilustra o problema com um dos participantes do Estudo 1 (P5, primeira sessão). Esse painel representa a tela projetada na parede, com linhas tracejadas vertical e horizontal cruzando no centro da tela. O contorno dos estímulos usados na sessão (um quadrado e um círculo, respectivamente) aparecem à esquerda e à direita do centro da tela. Cada ponto indica a localização do centro de visão focal, tal como reportado pelo *Capture* (aproximadamente 1% dos dados estavam localizados fora da tela, eles não constam no painel). Claramente, há um problema com esses dados. Esperava-se que os pontos ficassem dentro dos limites do estímulo, mas a maioria está fora, deslocada para direita e levemente para baixo de onde deveria estar.

As linhas no painel menor (painel com o centro ampliado), fornecem mais detalhes sobre o que aconteceu durante a sessão. Cada círculo preenchido nesse pequeno painel indica a localização do centro do conjunto de pontos, computados a partir de oito blocos, cada um com 1000 imagens sucessivas. Como a taxa de amostragem da câmera do olho nesse primeiro estudo era de 30 imagens por segundo, cada bloco corresponde a um período de aproximadamente 33 s. Tomando a distribuição de pontos de cada bloco, o centro foi definido como a média aritmética dos quantis de número 5, 10, 15, 85, 90 e 95 das coordenadas “x” e “y” após retirados pontos localizados fora tela de referência. A ideia por trás dessa definição era de obter uma medida de tendência central que seria ao mesmo tempo robusta contra *outliers* e amplamente representativa dos dados. Porque os estímulos apresentados estavam localizados simetricamente em relação ao centro da tela, o centro de todos os blocos

deveria estar próximo ao centro da tela todo o tempo. Mas o painel mostra que apenas o primeiro bloco estava próximo do centro. A partir dali, o centro dos blocos se deslocou levemente para a esquerda, então mais e mais para a direita e para baixo do centro da tela.

Presumivelmente, esse tipo de deslocamento é consequência da movimentação do rastreador em relação à cabeça durante a sessão, movimentação que pode ocorrer até mesmo com participantes usando um descanso para o queixo e inclusive logo após o procedimento de calibragem. Mas afinal, o que pode ser feito para resolver esse problema quando a sessão terminou e os dados já foram coletados? A viabilidade de resolver esse problema *pos facto* por meio das soluções apresentadas a seguir depende da natureza do experimento e da disposição do conjunto de estímulos.

Em um experimento com tentativas discretas, um ponto de fixação central no início de cada tentativa, por exemplo, pode ser usado para calcular um desvio a partir da diferença entre o ponto de fixação e os pontos de gaza e subtrair esse desvio de todos os pontos dentro de uma mesma tentativa. Mas usar pontos de fixação alongam o tempo de sessão, algo especialmente indesejável considerando a natureza frequentemente abstrata dos estímulos em pesquisas sobre controle de estímulos e o impacto negativo que isso pode ter sobre o tempo de permanência dos participantes em um experimento.

Em um experimento com grupos de objetos bem separados, é possível aplicar algoritmos de agrupamento (*clustering*) como o DBSCAN (Ester, Kriegel, Sander, & Xu, 1996) para classificar os pontos de gaza em diferentes categorias. A vantagem dos algoritmos de agrupamento é que eles dispensam correções *ad hoc* dos dados, todas as análises subsequentes podem ter como base essas categorias. Entretanto, por limitações intrínsecas a algoritmos de densidade como esse, o agrupamento irá falhar se os estímulos apresentados simultaneamente estiverem muito próximos um do outro.

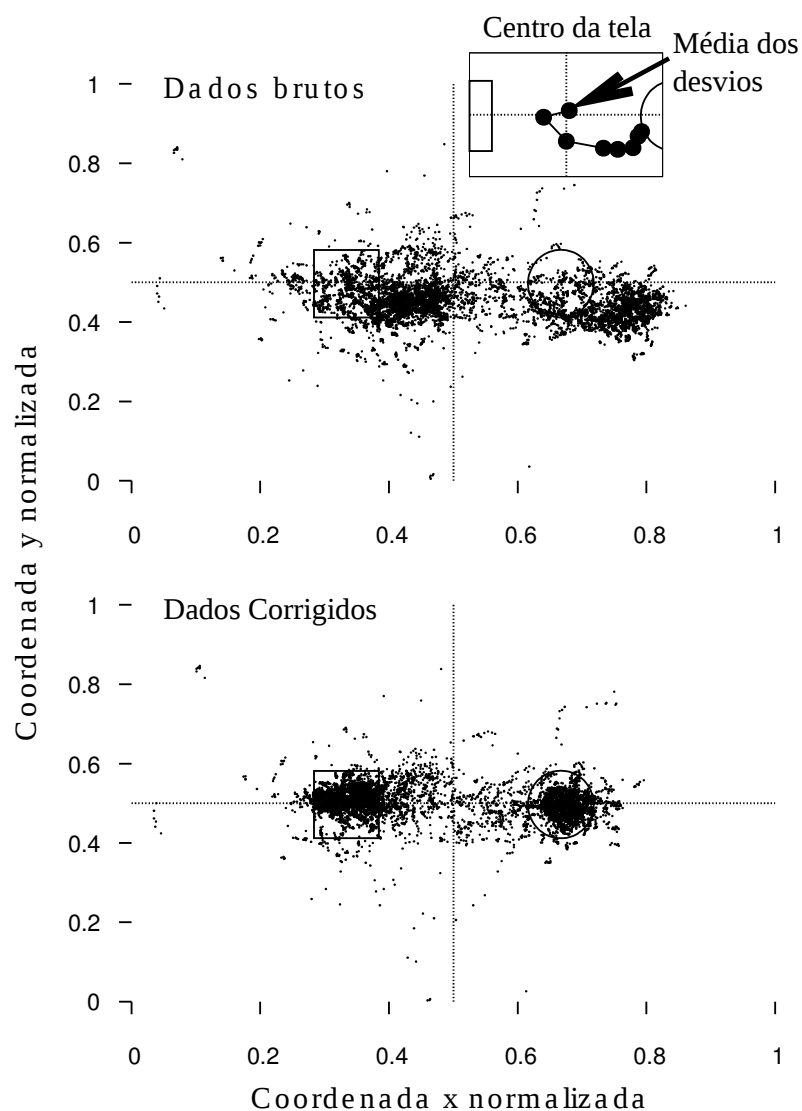


Figura 25. Um exemplo do mapeamento de pontos de gaze. Os dados são de uma sessão de linha de base de um participante (P5). O painel no topo mostra a tela de referência em coordenadas cartesianas normalizadas, com os contornos dos estímulos apresentados (um quadrado e um círculo) e com uma cruz marcando o centro da tela. Cada ponto do conjunto de pontos representa uma localização do centro de visão focal reportado pelo Pupil. As linhas no painel menor no topo representam o deslocamento em relação ao centro do conjunto de pontos durante a sessão. O painel inferior mostra o mesmo conjunto de dados após a correção.

Alternativamente, a técnica utilizada nos estudos desta tese consistia de a) computar o centro da distribuição de pontos de gaze em um bloco de imagens, como descrito anteriormente; b) computar o desvio (a diferença) entre o centro da distribuição e o centro da

tela e; c) subtrair o desvio de todos os pontos do bloco. Esta técnica será chamada de correção do centro da tela de referência ou abreviadamente “correção do centro da tela”. Aplicar tal correção aos dados apresentados no topo da Figura 25 resulta nos dados apresentados no painel inferior dessa figura. Após a correção, a maioria dos pontos de gaza ficaram localizados dentro dos estímulos, como era o esperado. Esta correção tem sido uma maneira eficiente de contornar problemas relacionados com a movimentação do rastreador em relação à cabeça. Esse método funciona adequadamente apenas se a distribuição do olhar em torno do centro for simétrica, o que geralmente é o caso em estudos de escolha com estímulos visuais com localização balanceada ao longo da sessão.

A Figura 26 resume os detalhes técnicos discutidos até então e ilustra de forma geral as etapas de registro até a etapa de análise de dados. Ela mostra que um estudo que registre movimentos oculares com o Pupil, ambos Pupil Capture e o programa de apresentação de estímulos (Picanço, 2018) devem recorrer ao tempo comum do sistema operacional para fins de sincronização. Entretanto, com exceção dos programas Pupil Capture, Pupil Player e módulos de extensão (como o plugin escrito em Python), outros componentes de *software* podem ser escritos por meio de qualquer linguagem computacional. Ainda que tenha-se optado por Free Pascal/Lazarus para a apresentação dos estímulos e R ou Python para o pós-processamento, essas linguagens não são de maneira alguma obrigatórias.

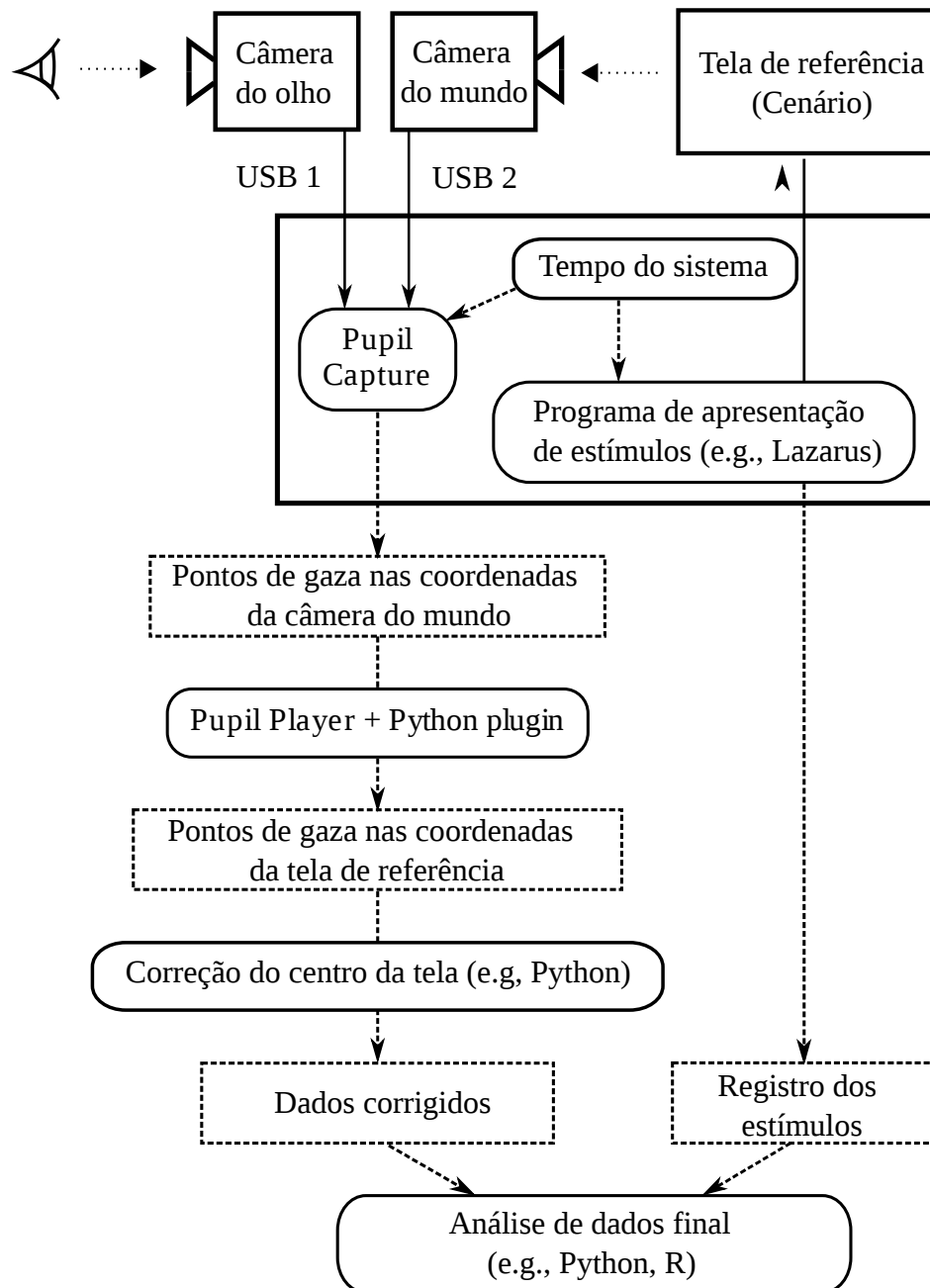


Figura 26. Esquematização dos componentes de *hardware* e *software* de um estudo típico de rastreamento ocular. Os componentes de *hardware* (e.g., as câmeras) são desenhados com linhas sólidas. Componentes de *software* são representados por retângulos com borda sólida e cantos arredondados, enquanto dados são representados por quadrados tracejados. Setas tracejadas relacionam dados e *software*, enquanto setas duplas pontilhadas representam luz. Os programas que são parte da plataforma Pupil (Pupil Capture e Pupil Player) estão em negrito. Os outros programas são ou parte do sistema operacional ou customizados.

Requisitos mínimos e instruções de montagem de um rastreador monocular

A execução do *software* Pupil mais recente (v1.5) depende de um computador equipado minimamente com um processador Core i3, 4 Gb (DDR3 RAM) e duas portas USB 2.0. Porque o registro das sessões em vídeo bruto sem compressões ocupa considerável espaço no disco rígido (HD), recomenda-se adicionalmente um HD externo de 1 TB, o que suportaria o registro de aproximadamente 93 sessões de 20 min cada. Para evitar problemas com a largura de banda exigida durante a transferência de dados de múltiplas câmeras é recomendado um computador com no mínimo dois controladores USB 2.0. Além do computador, são necessárias a) duas câmeras *web* compatíveis com o protocolo UVC; b) o suporte de cabeça no qual as câmeras são acopladas (Pupil Dev); c) um LED de luz infravermelha (com amplitude entre 830 e 930 nm); d) um filtro que bloqueia luz visível (*infrared band pass*); e) cabos USB para conectar as câmeras ao computador e; f) um clipe para segurar os cabos e evitar que eles puxem o suporte para baixo.

A montagem do rastreador seguiu as instruções “faça você mesmo” da documentação Pupil (<http://docs.pupil-labs.com>), com exceção da soldagem SMD de micro LEDs, que não realizada. Optou-se por soldagem comum, mais acessível, de um único LED infravermelho comum, como indicado a seguir. As câmeras foram desmontadas, modificadas e acopladas no suporte de cabeça. No caso da câmera do olho, o filtro que bloqueia luz infravermelha no interior da lente foi substituído por um filtro que bloqueia luz visível (como filtro foi usado um pequeno recorte da camada escura de um negativo de filme exposto à luz visível), os LEDs de luz visível da câmera foram retirados para evitar ofuscar a visão dos participantes, o circuito de foco automático foi cortado para facilitar o ajuste fino de foco e um LED infravermelho direcionado ao olho foi acoplado por meio de um circuito externo como sugerido na literatura (Babcock & Pelz, 2004). A iluminação do olho com luz infravermelha é indispensável aos algoritmos de detecção, pois assegura o contraste entre pupila e globo

ocular, eliminando reflexos indesejáveis. No caso da câmera do mundo, os LEDs de luz visível foram tapados com fita isolante preta para evitar reflexos e uma camada grossa de fita crepe ajudou a manter a qualidade das gravações bloqueando a incidência de luz infravermelha no verso do fotosensor da câmera.

Com participantes e estímulos estacionários, o uso de um descanso para o queixo reduz as chances de movimentos bruscos, consequentemente aumentando as chances de calibragem com boa qualidade. Ao limitar o movimento da cabeça, também evita-se que os aspectos de interesse do cenário saiam do campo de visão da câmera do mundo. A armação do descanso usado era feita com sobras de *metalon* (tubos de aço) e a base do queixo com sobras de aço inoxidável. Os tubos foram serrados, soldados, montados, lixados e pintados por um ferreiro autônomo pelo valor de R\$ 100,00.

Apêndice C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar livre e esclarecidamente de uma pesquisa intitulada “Movimentos Oculares Correlacionados com o Efeito de Aspecto Positivo (Feature-Positive Effect)”. Eu sei, é um nome complicado, mas em uma linguagem acessível é possível dizer que o meu objetivo é de compreender o funcionamento da aprendizagem ao longo de uma tarefa visual. Esse conhecimento pode ajudar no planejamento e no ensino de uma extensa gama de tarefas visuais.

Será necessário que você use um óculos sem lentes com luz infravermelha direcionada ao seu olho direito para que eu possa saber aonde você estará olhando. Existem várias formas de eu saber para onde você está olhando, mas essa é uma das formas mais acessíveis, seguras e não invasivas. Não se preocupe, o equipamento não será desconfortável e está em conformidade com normas internacionais de segurança. Mesmo assim, eu preciso lhe esclarecer que a exposição a esse tipo de luz de forma intensa oferece riscos de queimaduras irreversíveis aos olhos. Por isso estaremos utilizando uma luz infravermelha bem fraca e seu tempo de exposição a ela não ultrapassará 30 min. Além disso, eu mesmo já testei esse equipamento nos meus próprios olhos sem ter tido qualquer problema.

Pois bem, a tarefa que você deverá fazer usando esses óculos é bem simples. Algumas figuras serão apresentadas em um monitor de computador e você deverá apertar um botão sempre que ver a figura que nós indicarmos a você. Se você responder como indicado, ganhará pontos. Ao contrário, não ganhará pontos. Não existem respostas corretas ou incorretas e você não perderá os pontos acumulados se não responder como indicado. Os pesquisadores responsáveis por esta pesquisa enfatizam que: 1) não haverá despesas para você em qualquer fase do estudo assim como não haverá remuneração financeira relacionada à sua participação. Se, por ventura, existir qualquer despesa para você, ela será absorvida pelo

orçamento da pesquisa; 2) Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos utilizados, você terá direito ao tratamento, à reparação de custos e às indenizações nos moldes definidos pela legislação brasileira; 3) Em caso de dores de cabeça, cansaço físico ou mental ou quebra de sigilo dos seus dados pessoais, você contará com assistência médica e psicológica garantida pelos pesquisadores responsáveis; 4) Os dados de pesquisa extraídos por meio de sua participação serão mantidos em sigilo em todas as etapas da pesquisa; 5) Você ficará com um via deste termo de consentimento e a qualquer momento de sua participação você terá a liberdade de se retirar do estudo e anular esse consentimento sem prejuízos de qualquer natureza.

Caso você concorde em participar da pesquisa, assine abaixo seu nome completo. Você estará contribuindo para o planejamento e ensino deste tipo de tarefa e, ao final do estudo, eu poderei lhe descrever detalhadamente a sua performance. Os dados da sua performance serão utilizados apenas para os objetivos desta pesquisa, eventualmente sendo publicados para a comunidade científica, e, como já dito, mantendo você sigilo. O principal investigador nessa pesquisa é o aluno Ms. Carlos Rafael Fernandes Picanço, telefone: 91-8257-0485, e-mail: cpicanco@ufpa.br, sob orientação do prof. Dr. Francois Tonneau, telefone: 91-9614-4141, e-mail: francois.tonneau@gmail.com, que podem ser encontrados no endereço Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário Guamá, 66.075-110, Belém, PA. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, por favor, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), cujo endereço e telefone encontram-se ao final da página.

Eu, _____, fui suficientemente informado(a) a respeito do que li e do que foi lido para mim sobre a pesquisa “Movimentos Oculares Correlacionados com o Efeito de Aspecto Positivo (Feature-Positive Effect)” . Discuti com o Ms. Carlos Rafael Fernandes Picanço sobre a minha decisão em participar nesse estudo.

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar e indenizações se forem necessários. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento a serviços desta instituição.

Os pesquisadores responsáveis, por fim, declaram o cumprimento das exigências contidas nos itens IV.3 e IV.5 da Resolução 466/12, sobre os direitos de esclarecimento dentre outras garantias aos participantes de pesquisa. Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará, Av. Generalíssimo Deodoro, 92, 66055-240, Telefone: 3241-9864.

Apêndice D

Método de recrutamento e critérios de exclusão de participantes

O experimentador permanecia na passarela próxima ao Portão 2 da Universidade Federal do Pará aguardando por transeuntes caminhando na direção do portão no sentido de saída da universidade. Um transeunte era abordado e convidado a participar se não se enquadrasse nos seguintes critérios de exclusão: a) cegos, estrábicos, vesgos, míopes ou com astigmatismo; b) usando óculos de grau; c) com cabelo curto sobre os olhos; d) com sinais nítidos de consumo de entorpecentes; e) com nítidas limitações motoras; f) ter um compromisso próximo (alguém apressado não era desejável); g) ser estudante de psicologia; h) já ter participado do estudo. O diálogo a seguir ilustra como uma abordagem típica ocorria (E = experimentador, T = transeunte):

E: “[Bom dia/Boa tarde], me chamo Rafael, sou aluno de doutorado ali do núcleo de psicologia, eu gostaria de convidar você a participar de uma pesquisa sobre rastreamento de visão, você teria interesse?”

T: “[Bom dia/Boa tarde], hummm... psicologia? Do que se trata?”

E: “Eu mostrarei uma tarefa a você, você fará essa tarefa e em seguida eu terei condições de saber para aonde você olhou durante a tarefa, é simples assim.”

T: “Vai demorar muito?”

E: “A tarefa dura 15 minutinhos, mas o processo todo pode durar até 30 minutos. Você tem algum compromisso agora?”

T: “Não, eu estava indo para casa. Vai ser aqui mesmo?”

E: “Na verdade, você está vendo aquele prédio ali? [apontava para o Prédio 2 do NTPC] Será bem ali.”

T: “Ah tá, entendi, tudo bem, vamos lá.”

E: “Muito obrigado pelo seu interesse! Como você se chama?”

T: “X.”

E: “X, muito prazer. Antes de prosseguir eu preciso fazer duas perguntinhas para você. Qual o seu curso?”

T: “Faço [nome do curso].”

E: “Muito bem. Você tem algum problema de visão?”

T: “Não, não, graças à Deus.”

E: “Não que você saiba, não é mesmo? [risos] Você pode me acompanhar? [a caminhada em direção ao prédio da sala de coleta durava alguns minutos]”

T: “Sim, [risos], isso mesmo, não que eu saiba, até agora tenho visto tudo muito bem.”

E: “Muito bem X, nós temos basicamente três etapas antes da tarefa. Primeiro assinaremos o termo de consentimento confirmando sua participação. Depois eu darei algumas dicas para te ajudar a fazer a tarefa. Não são pegadinhas. Elas realmente são para te ajudar com a tarefa. Em seguida nós precisaremos calibrar o equipamento. A calibragem é necessária, pois somente com ela eu posso saber para aonde você está olhando. Após a tarefa a gente pode conversar com mais detalhes, agora mesmo eu não posso falar muito, você me entende né? Você tem alguma pergunta”

T: “Sim, sim, eu iria perguntar sobre o objetivo da tarefa, mas eu entendo que isso pode interferir no seu estudo.”

Apêndice E

Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 2)

A Figura 27 mostra os dados individuais correspondentes aos dados agrupados no Estudo 2. A proporção de apertos ao botão durante o S+ é indicada por linhas sólidas e a proporção de olhares ao estímulo distintivo por linhas tracejadas. Os participantes do grupo com arranjos AB+/AA- (aspecto positivo) estão à esquerda e os participantes do grupo com arranjos AA+/AB- (aspecto negativo) estão à direita. O somatório das proporções de cada participante foi usado para ordenar (de cima para baixo, do maior para o menor) os painéis dentro de cada grupo. A proporção de apertos ao botão era calculada dividindo-se a taxa de respostas durante uma tentativa positiva pela taxa de respostas durante a tentativa negativa mais próxima. A proporção de olhares era calculada dividindo-se o número de pontos de gaza dentro do estímulo distintivo pelo número total de pontos de gaza dentro da tela de referência.

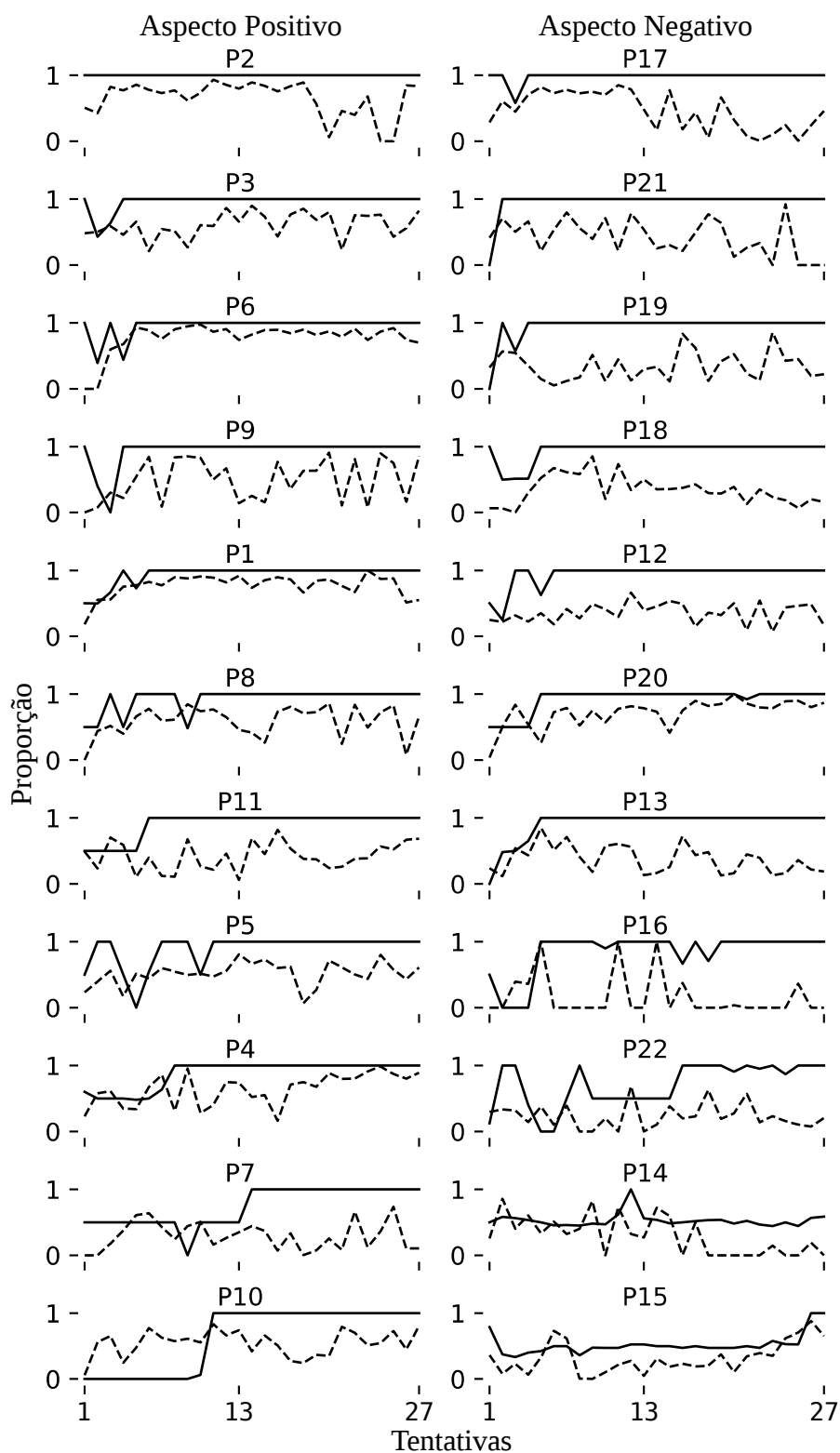


Figura 27. Dados individuais do Estudo 2. A proporção de apertos ao botão durante o S+ é indicada por linhas sólidas e proporção de olhares ao estímulo distintivo por linhas tracejadas. Participantes do grupo de aspecto positivo estão nos painéis à esquerda e do grupo de aspecto negativo nos painéis à direita. Os painéis foram ordenados do maior para o menor.

Apêndice F

Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 3)

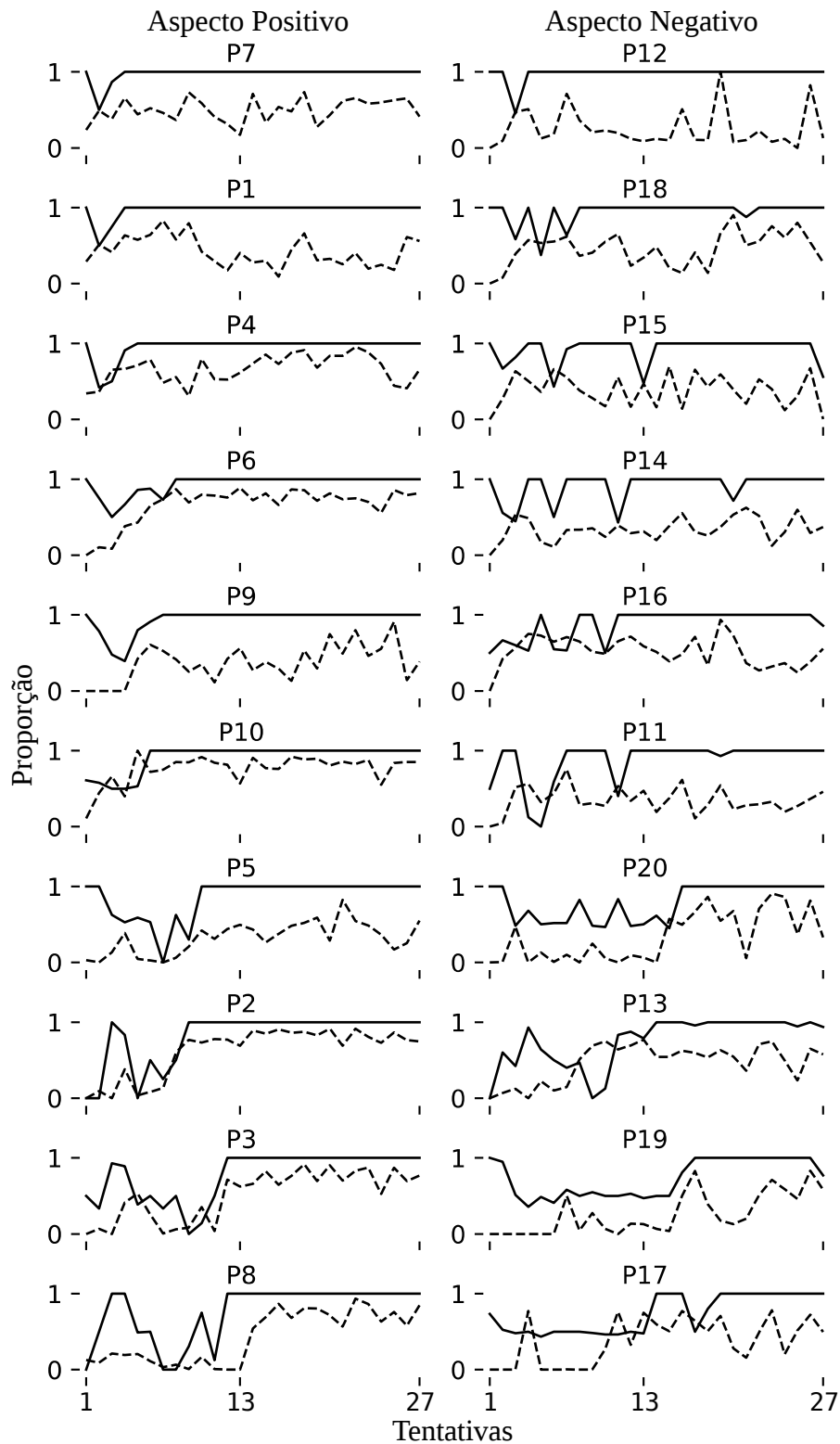


Figura 28. Dados individuais dos dados agrupados no Estudo 3. Proporção de apertos ao botão durante o S+ (linhas sólidas) e de olhares ao estímulo distintivo (linhas tracejadas). Grupo de aspecto positivo à esquerda e negativo à direita. Os painéis foram ordenados do maior para o menor, ver detalhes no Apêndice E.

Apêndice G

Proporção individual de apertos ao botão e olhares ao estímulo distintivo (Estudo 4)

A Figura 29 mostra os dados individuais correspondentes aos dados agrupados no Estudo 4. A proporção de apertos ao botão durante o S+ é indicada por linhas sólidas e a proporção de olhares ao estímulo distintivo por linhas tracejadas. Tentativas com arranjos AB+/AA- (aspecto positivo) são mostradas em cor preta e tentativas com arranjos AA+/AB- (aspecto negativo) em cor cinza. A proporção de apertos ao botão era calculada dividindo-se a taxa de respostas durante uma tentativa positiva pela taxa de respostas durante a tentativa negativa mais próxima. A proporção de olhares era calculada dividindo-se o número de pontos de gaza dentro do estímulo distintivo pelo número total de pontos de gaza dentro da tela de referência.

Cada painel mostra ao lado do nome de cada participante um índice 'b', referente ao botão, e um índice 'o', referente aos olhares. Os participantes foram ordenados do maior para o menor de acordo com o sentido de leitura (da esquerda para a direita, de cima para baixo) por meio do índice 'b'. Esse índice variava de 1.0 à -1.0 e resultava da diferença entre a média da linha sólida preta (tentativas de aspecto positivo) e a média da linha sólida cinza (tentativas de aspecto negativo). Valores próximos de 1.0 indicam discriminação máxima nas tentativas de aspecto positivo e mínima nas tentativas de aspecto negativo, próximos de -1.0 o inverso e próximos de zero discriminações indiferentes. O índice 'o' resultava da diferença entre a média da proporção de olhares durante tentativas de aspecto positivo (i.e., a média da linha tracejada preta) e a média da proporção de apertos de olhares durante aspecto negativo (i.e., a média da linha tracejada cinza). Valores próximos de 1.0 indicam observação máxima do estímulo distintivo nas tentativas de aspecto positivo e mínima de aspecto negativo, próximos de -1.0 o inverso e próximos de zero observação indiferente entre os arranjos. Com exceção de P4, todos os índices 'b' eram positivos e com exceção de P7 e P12, todos os índices 'o' eram positivos, o que sugere dominância de AB+/AA- sobre AA+/AB-.

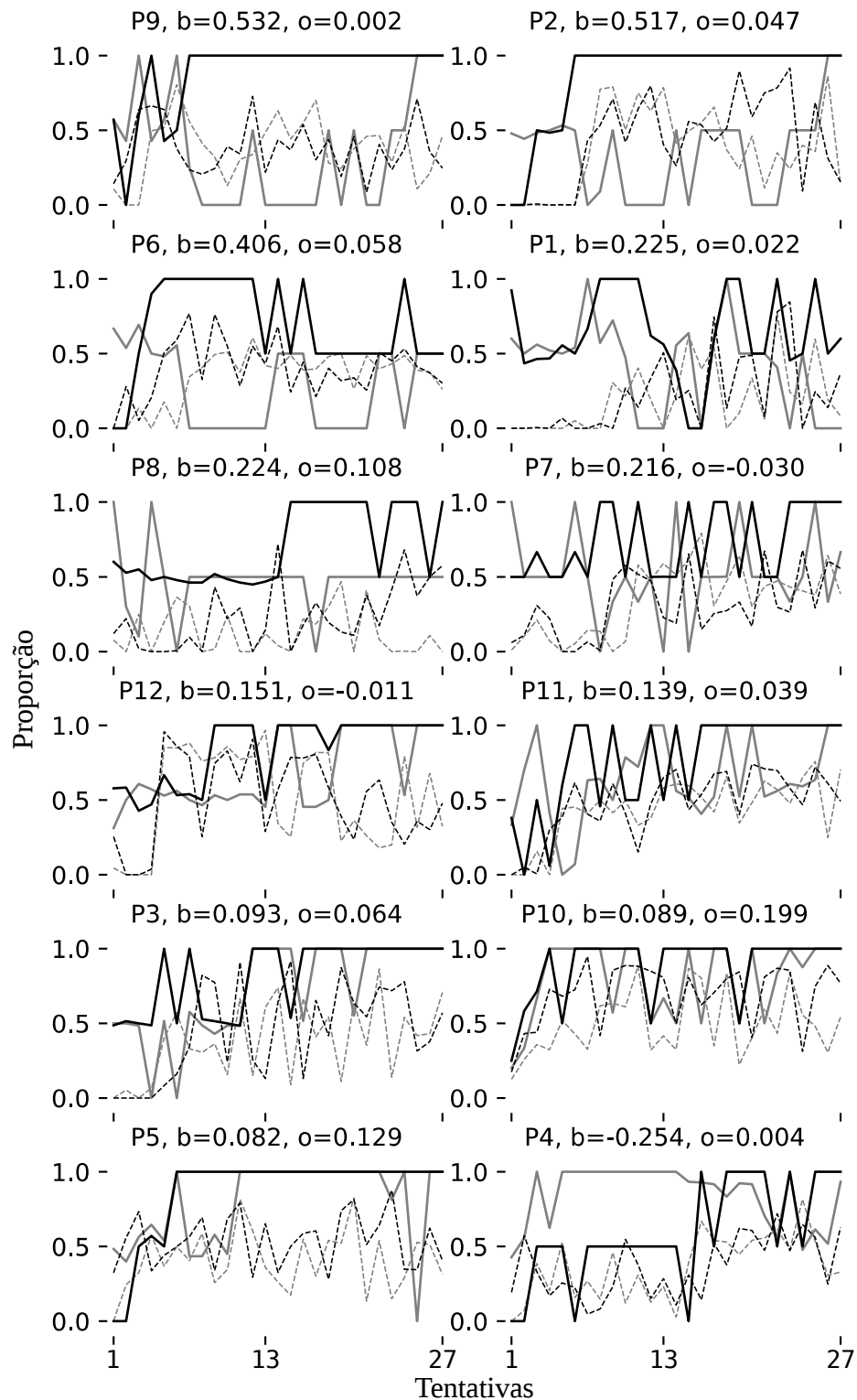


Figura 29. Dados individuais (Estudo 4). Proporção de apertos ao botão durante o S+ (linhas sólidas) e de olhares ao estímulo distintivo (linhas tracejadas). Linhas com tentativas de aspecto positivo possuem cor preta e negativo cor cinza. Os painéis foram ordenados do maior para o menor, no sentido de leitura, ver detalhes no texto deste apêndice.

Apêndice H

Dispersão do olhar sobre arranjos de aspecto positivo e aspecto negativo

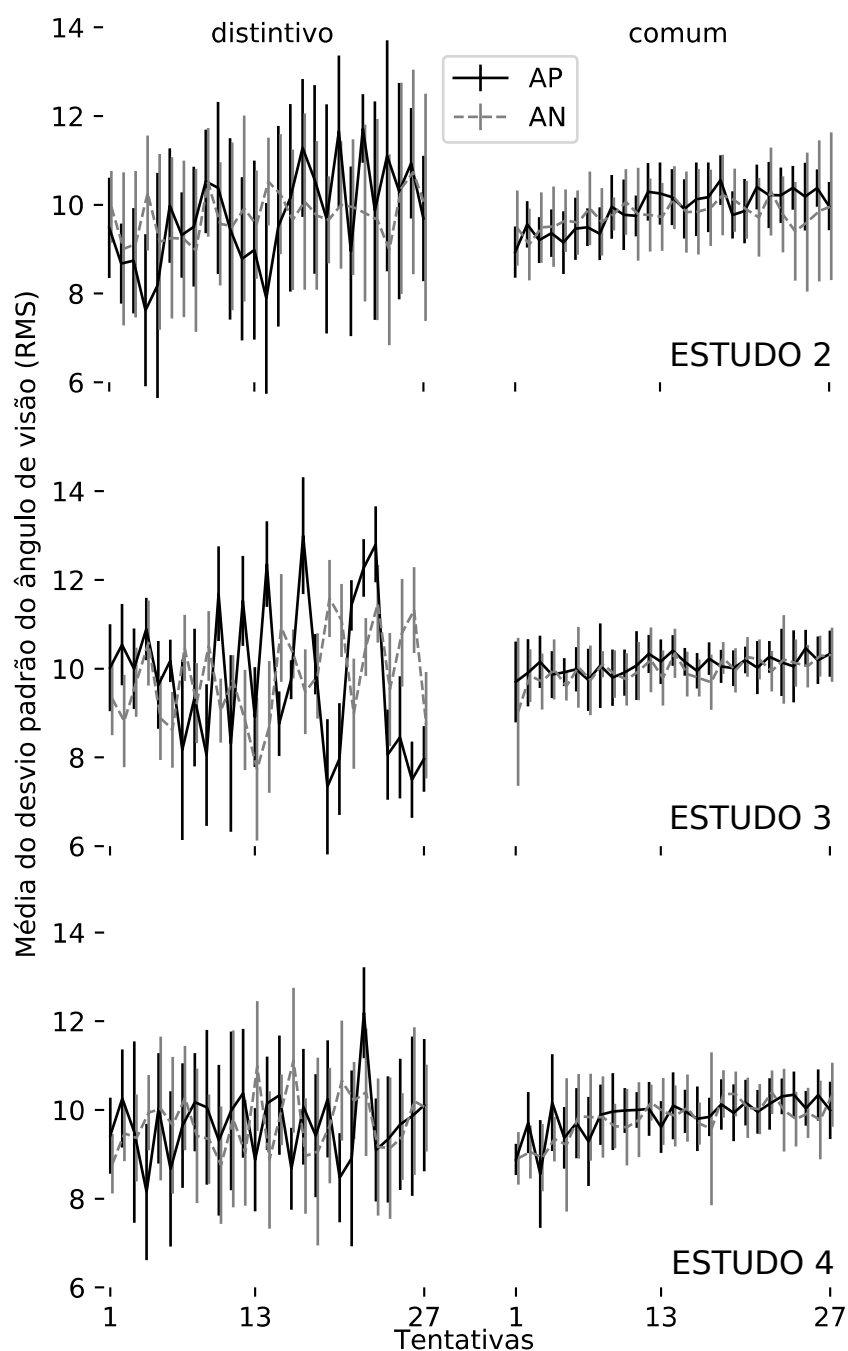


Figura 30. Média do desvio padrão bidimensional do olhar (RMS = *root mean square*), em graus do ângulo de visão, ao longos das tentativas do Estudo 2 (topo), Estudo 3 (centro) e Estudo 4 (base). Linhas sólidas pretas ilustram os arranjos associados à reforçamento (AB+ à esquerda e AA+ à direita) e linhas tracejadas cinza ilustram os arranjos associados à extinção (AB- à esquerda e AA- à direita).