UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

ADSSON ROBERTO MAGALHÃES ARAUJO

**FATORES SENSORIAIS VISUAIS QUE INFLUENCIAM
O DIMENSIONAMENTO SUBJETIVO NA
PERCEPÇÃO DE TAMANHO: UM ESTUDO DE
ESCALONAMENTO PSICOFÍSICO**

SÃO PAULO
2014

ADSSON ROBERTO MAGALHÃES ARAUJO

**FATORES SENSORIAIS VISUAIS QUE INFLUENCIAM
O DIMENSIONAMENTO SUBJETIVO NA
PERCEPÇÃO DE TAMANHO: UM ESTUDO DE
ESCALONAMENTO PSICOFÍSICO**

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

Área de Concentração: Neurociências e Comportamento

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Fernandes da Costa

SÃO PAULO

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de
estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Araújo, Adsson Roberto Magalhães.

Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: um Estudo de Escalonamento Psicofísico / Adsson Roberto Magalhães Araújo; orientador Marcelo Fernandes da Costa. - São Paulo, 2014.
126f.

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

1. Visão 2. Psicofísica 3. Estimativa de Magnitude I. Araújo, Adsson Roberto Magalhães. II. Título. III. Título: Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: um Estudo de Escalonamento Psicofísico

NOME: ADSSON ROBERTO MAGALHÃES ARAUJO

TÍTULO: Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: um Estudo de Escalonamento Psicofísico

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

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

“Atingir seus sonhos às vezes complicado... Existem pontes que você atravessa e não sabia que podia até atravessá-las”. (Wicked, Stephen Schwartz)

Os agradecimentos são para todos que me ajudaram nesse percurso. Em especial:

À Força de Vontade que está acima de tudo e de todos;

À Profa. Martha Hübner, sem a qual nada disso teria se realizado. Que manipulou as contingências de tal forma a possibilitar minha vinda para São Paulo, e cujo cuidado materno tem me favorecido até hoje. Aqui é mais uma demonstração da minha eterna gratidão.

Ao Prof. Marcelo Fernandes, que de portas abertas recebeu um aluno desconhecido em seu laboratório e me possibilitou grandes conquistas durante o mestrado, além da realização de um sonho. Por ser um orientador sempre presente, participativo e que conseguiu ser um bom exemplo a se seguir. Orientadores assim são raros!

Aos meus pais, Aroldo, Deise e à minha irmã Lara. O apoio emocional, sentimental (e financeiro) é o que me mantém focado em alcançar objetivos cada vez mais difíceis.

A Camila Reis. Éramos apenas colegas de turma na faculdade em Salvador, mas São Paulo nos permitiu construir uma grande amizade que foi de fundamental importância durante todo esse tempo. Minha vida aqui não seria a mesma sem você.

Aos amigos que mesmo longe em distância, com um cuidado e um carinho me fizeram senti-los sempre perto: João Paulo, Marcus Breno, Renata Mussi, Renata Paschoal e Salézia Rocha. Nas dificuldades um telefonema ou um e-mail fizeram toda a diferença!

Ao Ronan Cunha, sempre me socorrendo nos desesperos estatísticos. Serei sempre agradecido.

Ao Balázs Vince Nagy, que desenvolveu o brilhante programa que utilizamos nesse projeto e mesmo de forma não oficial me co-orientou e fez grandes contribuições do início à finalização desse trabalho.

To the ex-visitant professor Russell David Hamer, who helped me since I have come to the lab. I had my first master's discipline with you, I'm so thankful for all of the attention dedicated to answer my questions and e-mails, but mostly for always supporting me intellectually with papers and books (and music!) I can see your support in many parts of my work even you're not in Brazil anymore. Thank you a lot!

Aos colegas do Laboratório de Psicofisiologia Sensorial e Laboratório de Visão do IP-USP por me introduzirem na dinâmica de um laboratório, me ajudar e terem sido sempre receptivos comigo. Parte do que consegui devo a vocês.

A todos os funcionários da Pós-Graduação do IPUSP meu agradecimento especial por facilitarem nossas vidas nos momentos mais difíceis, em especial a Maria Clarice do NEC e aos funcionários do PSE.

À Profa. Dora Selma Fix Ventura e ao Prof. Givago Sousa, cujas contribuições durante a banca de qualificação conseguiram transformar a minha visão do meu próprio trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro.

A todos os sujeitos que se disponibilizaram em participar dessa pesquisa. Ela não seria possível sem vocês.

“No sentido geral, medir é a tarefa de colocar número nas coisas. Mais especificamente, é a atribuição de números a objetos ou eventos de acordo com algum tipo de regra.” (Stevens, 1958b, p. 384).

RESUMO

ARAUJO, A. R. M. (2014). *Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: um Estudo de Escalonamento Psicofísico*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

O sistema visual é considerado o mais complexo de todos os sistemas sensoriais do ser humano. O objetivo da visão é construir uma representação dos objetos extraíndo informações do ambiente, transformando-as em um código neural que origina a percepção. A compreensão dos fatores sensoriais que alteram a percepção é necessária para uma teoria adequada da percepção visual. Evidências sobre os efeitos do contexto ambiental ainda são limitadas, mas sabe-se que alterações no plano de fundo, criação de lacunas e mudanças de textura alteram a percepção de profundidade. Esse estudo teve como objetivo principal investigar quais fatores sensoriais básicos alteram a estimativa de magnitude (EM) de tamanho de círculos nos sujeitos saudáveis, verificando se existiu correlação entre a variação de parâmetros do estímulo físico com os respectivos julgamentos para diferentes condições visuais, além da possibilidade de desenvolver um instrumento para avaliação de algumas psicopatologias. O método da EM se refere a um procedimento no qual o observador faz um julgamento numérico direto de uma magnitude psicológica de uma série de percepções. Para isso, desenvolvemos um programa de computador como uma ferramenta psicofísica para medidas de EM que nos permitiu gerar 15 diferentes condições experimentais separadas em quatro protocolos (P1, P2, P3 e P4). O projeto consistiu em dois blocos: (1) de experimentos básicos, cujo objetivo foi abordar como elementos sensoriais visuais básicos interferiram no julgamento para estímulos simples, usando o P2, cujas variáveis luminância e o P4 no qual a disposição espacial para diferenças na lateralização do processamento visual foram alteradas; e (2) de exploração metodológica, que buscou manipular o valor de referência (P1) e a indução de sensações de profundidade (P3). Foram avaliados 78 indivíduos típicos ($m = 27,55$, $dp = 4,69$) com nível superior completo ou incompleto, todos com visão normal ou devidamente corrigida, distribuídos aleatoriamente em os quatro grupos

experimentais. Os protocolos 1 e 2 apresentaram os resultados mais satisfatórios que nos permitirão a utilização do programa em indivíduos com psicopatologias para investigação de diferenças da população normal. Ainda que os protocolos 3 e 4 tenham gerado dados controversos, levou-se em consideração que se tratou de um estudo de investigação metodológica, cuja continuidade nos permitirá uma melhor contribuição teórica alcançada com a retomada de estudos no campo da Psicofísica Clássica, principalmente devido a escassez de publicações nas últimas décadas acerca do tema aqui proposto.

Palavras-chave: Escalonamento Psicofísico. Estimativa de Magnitude. Percepção Visual. Psicofísica. Psicofísica Clássica.

ABSTRACT

ARAUJO, A. R. M. (2014). Visual Sensory Factors that Influence the Subjective Scaling of Size Perception: A Psychophysical Scaling Study. Master's dissertation, Institute of Psychology, University of São Paulo.

The visual system is considered the most complex human sensory system. The purpose of the vision is to create a representation of the objects by gathering information of the environment and converting it into a neural code that generates perception. The comprehension of sensory factors that influence the perception is necessary to an adequate theory of visual perception. Evidences about the effects of the context remain still limited, but it is known that some facts such as variations on backgrounds, creation of gaps and texture changes modify the perception of depth. This study aimed to investigate which are the basic sensory factors that change the Magnitude Estimation (ME) of the size of circles in healthy subjects, in order to verify if there was a correlation between parameter variations of physical stimulus and its respective judgments about different visual condition, in addition to the possibility of development of a screening test to assess some psychopathologies. The ME method is the procedure in which the observer makes a direct numeric judgment of a psychological magnitude of a series of perceptions. For this purpose, we developed a computer software which was used as a psychophysical tool in order to measure ME that allowed us to generate 15 different experimental conditions allocated into four protocols (P1, P2, P3 and P4). The project was composed of two blocs: (1) basic experiments, in which the objective was to investigate how basic sensory visual elements interfere on the judgment of simple stimulus, using P2 in which the variable luminance was changed and P4 in which spatial position to evaluate differences on lateralization of visual process was altered; and (2) methodological exploration, that aimed to manipulate the reference value (P1) and the induction of depth sensory perception (P3). Seventy-eight healthy subjects were tested ($m = 27.55$, $sd = 4.69$), that had a complete or incomplete graduation course, they all had normal or corrected-to-normal visual acuity, and they were randomly distributed into the four experimental groups. The protocols 1 and 2

had shown the most satisfactory results that will allow us to use the software in people with psychopathologies in attention to screen differences of the general population. Despite the protocols 3 and 4 had generated controversial data, it is important to consider this as a study about methodological investigation, and its follow up will lead us to an improvement of the theoretical contribution reached by the recovery of Classic Psychophysics experiments, mainly due to the last decades lack of publishing about this purposed topic.

Keywords: Psychophysical Scaling. Magnitude Estimation. Visual Perception. Psychophysics. Classic Psychophysics.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	13
2 INTRODUÇÃO.....	19
2.1 VISÃO E PERCEPÇÃO VISUAL.....	19
2.2 MÉTODOS PSICOFÍSICOS.....	21
2.3 EVOLUÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS PSICOFÍSICOS.....	22
2.4 FUNÇÕES PSICOFÍSICAS.....	24
2.5 STANLEY SMITH STEVENS E A FUNÇÃO DE POTÊNCIA.....	26
2.6 MÉTODOS ESCALARES.....	31
2.7 ESTIMATIVA DE MAGNITUDE.....	34
2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O VALOR DO EXPOENTE.....	36
2.9 ALGUNS ESTUDOS COM ESTIMATIVA DE MAGNITUDE.....	37
2.10 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA.....	39
2.11 ESTUDOS PILOTOS REALIZADOS NO INSTITUTO DE PSICOLOGIA....	40
2.12 PUBLICAÇÕES ATUAIS.....	41
3 JUSTIFICATIVA.....	42
4 OBJETIVOS.....	49
4.1 OBJETIVO GERAL.....	49
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
5.1 QUESTÕES ÉTICAS.....	50
5.2 PARTICIPANTES.....	50
5.3 EQUIPAMENTO.....	51
5.4 CALIBRAÇÃO DO MONITOR.....	51
5.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROGRAMA.....	52
5.6 PARAMETROS FÍSICOS DOS ESTÍMULOS.....	54
5.7 DESCRIÇÃO DOS PROTOCOLOS.....	58
5.7.1 Protocolo 1.....	58
5.7.2 Protocolo 2.....	58
5.7.3 Protocolo 3.....	60

5.7.4 Protocolo 4.....	61
5.8 INSTRUÇÕES.....	61
5.8.1 Protocolo 1.....	62
5.8.2 Protocolo 2.....	62
5.8.3 Protocolo 3.....	63
5.8.4 Protocolo 4.....	63
5.9 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	64
5.10 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS	65
6 RESULTADOS PROTOCOLO 1.....	67
6.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 1.....	69
7 RESULTADOS PROTOCOLO 2.....	72
7.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 2.....	75
8 RESULTADOS PROTOCOLO 3.....	78
8.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 3.....	80
9 RESULTADOS PROTOCOLO 4.....	88
9.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 4.....	89
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS.....	109
PUBLICAÇÕES.....	110
ANNALS OF THE 1ST VISUAL SCIENCE OF ART CONFERENCE 2012.....	110
EUROPEAN CONFERENCE VISUAL PERCEPTION 2012.....	111
VII CONGRESSO INTERNO DO INSTITUTO DE PSICOLOGIA 2012.....	112
RESUMO SUBMETIDO – FECHNER DAY 2014.....	113
RESUMO SUBMETIDO – 44ª REUNIÃO ANUAL DA SBP 2014.....	114
ARTIGO PUBLICADO – THE OPEN PSYCHOLOGY JOURNAL 2014.....	115
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	120
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	122

1 APRESENTAÇÃO

Os eventos que ocorrem no mundo físico são captados pelos órgãos dos sentidos e posteriormente parte deles é representada pela consciência humana. Uma grande parte da nossa cognição é voltada justamente para o desenvolvimento da representação do ambiente físico. A sobrevivência de um ser em um mundo físico que está em constante mudança só é possível se a representação mental que o organismo tem do seu ambiente for suficientemente válida. É esse o caso da maioria das nossas habilidades sensório-perceptuais: nossos sentidos transmitem uma visão muito fidedigna do mundo físico (Irtel, 2005). E como aponta Baird (1997a), esses eventos ambientais, que são os estímulos físicos, têm características quantificáveis que variam entre dimensões, como concentração química, luminância visual, amplitude tonal, etc.

Por anos a medida em Psicologia ficou em um estado de debate com conceitos informais que pareciam admitir a existência de uma quantidade, mas cujos meios de medida permaneciam primitivos, controversos e incertos. Luce e Krumhansl (1988) abordam que para a maioria dos cientistas exatos, o termo medida evoca questões de precisão, confiabilidade, viés e técnica, uma vez que se assume que o atributo em questão – seja a velocidade da luz, a massa de um elétron ou o diâmetro do sol –, pode ser quantificado de uma maneira consistente e significativa, e foi preciso um grande esforço no desenvolvimento de métodos para medir os atributos dos sistemas físicos com o objetivo de entender as relações existentes entre eles.

Conforme salienta Ferreira (2003), os historiadores sinalizam os trabalhos de Fechner (1966), que utilizando uma metodologia experimental e um conjunto de leis matemáticas culminou no lançamento do livro-marco para a Psicologia [Experimental]: *Elemente der Psychophysik* (Elementos de Psicofísica) em 1860. Ele estabeleceu os princípios, descreveu todos os métodos psicofísicos que eram usados no estudo da fisiologia dos limiares das funções sensoriais, as fundações da medida psíquica, as leis e dados que faziam parte da prova empírica de sua nova proposta (Layless, 2013). E assim, na tentativa de munir uma fundamentação

matemática à Psicologia constituiu com bases firmes uma nova ciência psicológica nos moldes positivistas: a Psicofísica.

O reconhecimento da Psicologia enquanto saber científico sempre fora confrontado com questões metafísicas advindas de pensadores dos séculos XVIII e XIX, a citar Descartes, Kant e Comte. Entretanto, Fechner foi claro ao expor seus pensamentos para o desenvolvimento de uma ciência psicológica com procedimentos experimentais e formalizações matemáticas que extrapolavam questões dualistas metafísicas que poderiam ser de impedimento para o avanço e desenvolvimento de uma “ciência da mente” cujas formulações e análises seriam feitas com base nas ciências exatas (Ferreira, 2003).

Quando a introduziu como um novo programa transdisciplinar de pesquisa, seu objetivo era apresentar um método científico para estudar as relações entre corpo e mente, ou entre o mundo físico e fenomenológico (Ehrenstein & Ehrenstein, 1999). Fechner (1966) descreve a Psicofísica como uma ciência exata, que assim como a Física deveria se embasar na experiência e na conexão com a matemática dos fatos empíricos que demandavam a medição do que era experienciado ou, quando como esta medida não estava disponível, buscar por ela. Foi incisivo ao destacar que sua tentativa era apenas nas relações empíricas entre corpo e mente, e ainda que a designação dos fatos fosse expressa em termos dualistas, sua abordagem é monista.

Fechner (1966) também distingue fortemente o problema da quantificação e o problema da medição. Ele especificou que havia uma diferença entre Psicofísica Interna e Psicofísica Externa. O problema de medir a magnitude da sensação era uma questão da Psicofísica Externa, na qual o experimentador poderia controlar a intensidade do estímulo, e o participante¹ deveria fornecer uma resposta evidente.

De acordo com Murray e Bandomir (2001), a quantificação de Fechner da magnitude da sensação é aplicada à Psicofísica Interna, na qual a resposta neural gerava uma experiência sensorial consciente. Ele acreditava que a transformação em logaritmos (log) pela qual a magnitude do estímulo era transformada em magnitude da sensação tinha lugar na interface cerebral entre o neural e o mental.

¹ Devido à diversidade bibliográfica, as palavras participante, sujeito, indivíduo, usuário e observador serão utilizadas com o mesmo significado: aquele que realiza a tarefa de um determinado experimento.

Sugerindo que os processos do cérebro eram diretamente refletidos nos processos da mente, Fechner antecipou um dos principais objetivos da neurociência moderna: estabelecer correlações entre eventos neurais (objetivos) e perceptuais (subjetivos) (Costa, 2011; Ehrenstein & Ehrenstein, 1999).

Como aponta Stevens (1959), o fato das sensações não serem passíveis de repartição ou separação em pequenas partes, ou dispostas de ponta a ponta em uma régua, eram argumentos que os dualistas usavam contra as medidas. Mas isso antes do reconhecimento geral de que a medição não se limitava ao simples exercício de contagem. Era de fato antes dos cientistas terem se tornado conscientes de que a Matemática e o sistema de números poderiam ser considerados como um esquema, um jogo de símbolos e regras artificiais, como as regras do xadrez.

De forma semelhante à qual um físico mede a “energia física”, Fechner interessou-se em medir a “energia mental”, pois percebeu que a mente² poderia funcionar muito bem por seus próprios princípios, mas que estes, embora em si mesmos regulares e ordenados, poderiam não corresponder exatamente às leis físicas que se aplicavam ao universo (Manning & Rosenstock, 1974).

Stevens (1959) também escreveu um artigo teórico no qual fortalece a defesa do monismo na Psicofísica. Desde que Descartes separou a mente do corpo, convive-se com a visão dualista de que os processos superiores humanos são uma coisa à parte, inacessíveis à ciência da medida. As palavras de 1959 reverberam seu teor crítico até os dias atuais, pois na Psicologia ainda reside uma sombra de desconfiança, pois se esconde em muitos pesquisadores um sentimento não só de que a experiência humana é de alguma forma inescrutável, mas também que a medida, pela presença de um rigor “insensível”, pode ferir o espírito humano se sondarmos seu interior com o uso de escalas e números.

²Fechner (1966) utiliza o termo *mind* (mente) para se referir ao que se pode considerar atualmente como processos cognitivos/cognição. Apesar de utilizar o termo mente durante o texto, cujo significado é amplamente concebido em um sentido metafísico, a definição de Catania (1999) para cognição é precisa e cabível ao presente contexto, portanto ao fazer alusão à mente, compreende-se como processos cognitivos que “geralmente são variedades de comportamentos encobertos que não são manifestados como movimentos e assim devem ser medidos indiretamente (p. ex., fazer cálculos mentalmente, mudar a atenção, pensar ou contar para si mesmo, imaginar). Não são observáveis, e, portanto são inferidos. Pode ser um comportamento dentro do organismo, mas de tal modo ou em uma escala tão pequena que não é passível de registro, ou que é registrável somente com equipamentos especiais.” (p. 390-391).

Na leitura de *Elements of Psychophysics*, Fechner (1966) considera como mental/psicológico tudo que é apreendido pela observação introspectiva; e como físico tudo que pode ser apreendido pela observação do exterior. A Psicofísica se refere ao físico no sentido da Física e da Química e ao psíquico no sentido da Psicologia experiencial. De forma geral, considera-se o psíquico como uma função dependente do físico, e vice-versa, na medida em que existe entre eles um relacionamento que, da presença ou mudança de um, pode-se deduzir o outro.

Por essa razão os psicofísicos preferem a abordagem da dependência da mente sobre o corpo mais do que o contrário, pois apenas o físico é imediatamente aberto à medida, enquanto a medida do psíquico só pode ser obtida como dependente do físico.

Stevens (1975) coloca que o que se entende por sensação é um constructo, um conceito construído sobre operações objetivas de estímulo e resposta. De fato se estudam as respostas dos organismos, e não algo não-físico que por definição desafia o teste objetivo. É especialmente na busca por leis sensoriais gerais que se torna óbvio que o termo “sensação” tem seu significado a partir de reações, sejam elas verbais ou não, feitas pelos organismos em resposta a algum estímulo físico. Esse princípio de funcionamento, fielmente cumprido, parece gerar seguramente uma resposta externa da reação dos sistemas sensoriais à energia do ambiente.

Os psicólogos estão interessados em uma ampla variedade de comportamentos em humanos e animais, e uma vez escolhido se deparam com o problema de elaborar uma metodologia experimental apropriada sensível o suficiente para medir os atributos de seus interesses, e encontrar resultados confiáveis. Devido à diversidade de interesses na Psicologia, existem diferentes respostas para a questão: o que é para ser medido? Os atributos de interesse podem ser físicos, fisiológicos ou puramente psicológicos (Luce & Krumhansl, 1988).

Em algum sentido, Manning e Rosenstock (1974) caracterizam a Psicofísica como uma técnica de construção de escalas. Nela, o experimentador tenta traduzir em números os fenômenos comportamentais que resultam da percepção de estímulos físicos que um sujeito julga, correlacionando-os.

Dessa forma, a Psicofísica começou com um aparente paradoxo: requerer a objetificação de uma experiência subjetiva. Nenhum instrumento é necessário para

obter os perceptos, afinal eles estão presentes e disponíveis para cada um de nós. Portanto, o problema não é como obter a experiência perceptual, mas como descrever e investigá-las de modo a serem expressas e compartilhadas para os outros (Ehrenstein & Ehrenstein, 1999)

Com a disseminação dos primeiros métodos psicofísicos, a partir do início da década de 1870, alguns psicólogos tentaram importar ideias de medidas da Física, mas devido às dificuldades, eles deduziram que os modelos clássicos de medida das outras ciências eram, em sua maioria, inadequados para o fenômeno psicológico (Luce & Suppes, 2002).

Em geral, medidas físicas externas como idade, sexo e peso tendem a ser mais fáceis de obter. Medidas fisiológicas internas, como níveis hormonais, taxa de disparo neuronal e pressão sanguínea geralmente são mais difíceis de acessar, no entanto podem gerar valores fisicamente definidos. Desses, alguns variam a depender das condições experimentais, outros são menos susceptíveis às manipulações experimentais. As variáveis psicológicas se colocam exclusivamente como um grande e difícil problema para serem medidas (Luce & Krumhansl, 1988).

De longa data tenta-se resolver esse problema. As características dos estímulos são cuidadosa e sistematicamente manipuladas e pede-se ao observador para relatar sua percepção do estímulo. Ehrenstein e Ehrenstein (1999) ressaltam que a arte da Psicofísica é formular uma questão que seja precisa e também simples o suficiente para obter uma resposta confiável. Ferreira (2003) torna relevante ainda que talvez a principal conquista de Fechner foi oferecer a qualquer estudo psicológico a possibilidade de desenvolver uma matemática mais avançada do que a geometria de uma linha reta, usada nos estudos anteriores.

A criação de leis matemáticas que permitem o progresso das pesquisas que são realizadas até os dias atuais nos oportuniza compreender cada vez mais os fenômenos psicofisiológicos, de seu caráter mais básico ao mais complexo. Ehrenstein e Ehrenstein (1999) também destacam os principais métodos e procedimentos que são amplamente utilizados nos estudos que tentam solucionar parte dos problemas propostos pela Psicofísica Sensorial. Apesar de variações em aspectos metodológicos e de procedimentos, alguns devem ser nomeados devido à extensa utilização desde os primórdios da Psicofísica, como: (1) Métodos dos Limiares, (2) Métodos de Ajustamento, (3) Método dos Limites, (4) Método do

Estímulo Constante, (5) Método da Escada, (6) Métodos de escolha forçada, (7) Método de Detecção de Sinal, (8) Métodos supralimiais, (9) Método de Emparelhamento Intermodal e (10) Métodos de Escalonamento (Categórico e de Estimativa de Magnitude), entre outros.

Existe uma questão sempre presente na distinção da influência das variáveis “sensorial” e “cognitiva” na explicação do espectro dos resultados de um estudo. Um único modelo não pode dar conta dos dois tipos de dados e Baird (1997a) oferece uma teoria para unificar esses achados desconexos, alegando que alguns resultados experimentais são mais bem atribuídos a processos sensoriais, enquanto outros são mais bem atribuídos a processos de julgamento.

Por se tratar de uma dissertação direcionada para investigação metodológica de procedimentos psicofísicos utilizando a Estimativa de Magnitude (EM), os resultados serão explicados pela vertente dos processos sensoriais. Propõe-se uma série de experimentos que visam o estudo de como as características de estimulação e de fisiologia sensorial, para aspectos básicos do processamento visual, influenciam no julgamento por escalonamento psicofísico, principalmente por estimativa de magnitude direta.

Nas próximas páginas, serão apresentados de forma mais precisa os aspectos teóricos, os métodos utilizados durante a execução do presente projeto de pesquisa e os resultados encontrados com discussões pertinentes aos achados.

2 INTRODUÇÃO

2.1 VISÃO E PERCEPÇÃO VISUAL

O sistema visual é considerado o mais complexo de todos os sistemas sensoriais do ser humano. Enquanto o nervo auditivo contém cerca de 30.000 fibras, o nervo óptico possui cerca de um milhão delas, segundo Wurtz e Kandel (2000). O objetivo da visão é construir uma representação dos objetos que estão no ambiente (Blaser & Domini, 2002), e para isso o sistema visual extrai informações do ambiente, transformando-as em um código neural que origina a percepção. Informações de contraste, movimento, detalhes, forma, cor, profundidade entre outras, são codificadas primariamente e analisadas ao longo de vias de processamento cortical, para finalmente serem sintetizadas e agregadas a outros sentidos e à memória em áreas corticais superiores que resultam no rico mundo que é percebido (Schwartz, 2010).

Nenhum sistema, físico ou biológico, poderia fazer uso de toda essa variedade de informações. O que é realmente registrado ou representado pelo organismo é sempre uma pequena fração do que poderia ser consumido em um sistema imaginário perfeito. Seleccionamos parte da informação no seu ambiente para registrar, e o resto dessa informação é perdido. Primariamente, Cornsweet (1970) já afirmava que a natureza da percepção jaz nos tipos de informação ambiental que somos capazes de assimilar e processar, de modo que o estudo da relação entre informação, assimilação e fisiologia do sistema visual é apenas uma parte do que se considera percepção visual.

Lent (2010) coloca que em linhas gerais, para o ser humano, percepção é a capacidade de associar as informações sensoriais à memória e à cognição de modo a formar conceitos sobre o mundo e sobre nós mesmos, orientando o nosso comportamento. Auld, Boyd, Moseley e Johnston (2011) salientam que importantes aspectos da visão, como a vigília, atenção e memória das experiências passadas também têm um impacto significativo no registro e na percepção visual. Elas incluem algumas características específicas como: discriminação visual, relações espaciais de orientação, constância de forma, detecção de figura e fundo, discriminação de

cores, entre outros. Todos esses fatores contribuem para a percepção visual e têm importantes implicações para o desempenho adequado de tarefas pelo nosso sistema visual.

As teorias primitivas de representação da percepção postulavam um sujeito isolado e autômato, separado do seu ambiente real, que evoca então processos de representação e construção mental. Apesar de Costall (1984) utilizar um artigo para discutir se as teorias de percepção visual são necessárias, há considerações feitas por ele em seu trabalho, que podem auxiliar a compreensão não apenas de como a Psicofísica concebe os fenômenos sensoriais, mas também qual sua proposta de medição.

O problema da percepção visual tem uma longa história. Por centenas de anos o homem sente a necessidade de alguma explicação sobre como as coisas são vistas. Gibson (1950) questiona como a forma de um objeto é vista, e avisa que essa questão não é tão fácil de responder.

Purdy e Gibson (1955) observam que a literatura sobre percepção espacial abunda tanto em experimentos laboratoriais como em discussões teóricas sobre como os objetos são percebidos. Para estes autores, e como endossa Vernon (1970), a percepção pode ser facilitada ou inibida, e voltada para aspectos específicos do ambiente, de acordo com o conhecimento, experiência, interesses e motivos determinados.

Segundo os psicólogos gestaltistas Wertheimer, Koehler e Koffka, a percepção do ambiente se baseia, fundamentalmente, na percepção da forma (Vernon, 1970). O estudo a percepção da forma se preocupa com a identificação e a especificação de condições necessárias para nomeação, reconhecimento e discriminação de forma ou aspectos da forma (Graham, 1965), e como chamam a atenção Santos e Simas (2001), na percepção visual da forma, o reconhecimento de cenas visuais ou padrões é um processo fundamental.

Partindo desse pressuposto, a investigação de elementos sensoriais básicos da visão por métodos psicofísicos se tornou o principal objetivo dessa pesquisa.

2.2 MÉTODOS PSICOFÍSICOS

A Psicofísica Clássica iniciou seus experimentos medindo muitos pesos, luzes ou tons, a fim de investigar quais as relações entre essas práticas e o estudo do comportamento (Manning & Rosenstock, 1974). Atualmente nos laboratórios de pesquisa, além desses, outros métodos envolvem a apresentação de um estímulo a um sujeito que deve indicar a magnitude percebida do estímulo de alguma maneira observável, e então o experimentador relaciona a magnitude percebida com a intensidade do estímulo (medido por um instrumento físico). Leis psicofísicas codificam a relação quantitativa que se estabelece entre as variáveis dimensionais dos objetos correspondendo na experiência consciente, como refletida na resposta dos sujeitos (Baird, 1997a).

A importância desses assuntos jaz não tanto nos dados que produzem, particularmente no experimento de laboratório usual, mas no fato de que, de uma maneira ou de outra, qualquer experimento – seja sobre atitudes sociais, aprendizagem em macacos ou acionar um caça-níqueis por adultos – recorre aos princípios da Psicofísica (Manning & Rosenstock, 1974).

Mesmo tendo sua criação nos anos de 1860, um problema fundamental ainda reside na Psicofísica: a medição de magnitude das sensações. Não há técnicas para a medida direta de magnitude de sensações privadas, pois os métodos disponíveis são indiretos. Em se tratando do estudo do comportamento, é impreciso afirmar a existência de um método que acesse os eventos privados de forma direta.

A magnitude da sensação deve ser inferida da resposta do indivíduo ao estímulo, e redefinir sensação em termos de atividade neural observável não resolve o problema, pois requer que o conhecimento do código neural para a intensidade do estímulo. Apesar dos diversos estudos em Psicofisiologia, não existe ainda um consenso generalizado sobre esse tópico.

Como comenta Gescheider (1993), infelizmente a relação entre a resposta e a sensação é inacessível à observação direta e, portanto é apenas ilusória tal qual a relação entre o estímulo físico e a sensação relatada. Independente dessas dificuldades, as escalas psicofísicas de magnitude sensorial

que têm sido construídas têm tido sua validade comprovada e estudada por diversos outros métodos como o Emparelhamento Intermodal (*Cross-modality matching*).

Em todas essas escalas, a relação entre a magnitude sensorial e a intensidade do estímulo deve ser inferida a partir das respostas observáveis que os sujeitos expressam. Todavia, Luce e Krumhansl (1988) assinalam como um problema da Física que também ocorre na Psicofísica, é a possibilidade das respostas dos sujeitos poderem ser facilmente enviesadas. E como concorda Gescheider (1993), independente de qual forma ocorra esse viés, existe uma ampla conformidade entre psicofísicos cujos objetivos deve ser o de desenvolver e refinar os métodos que minimizem essas interferências, de modo que as verdadeiras funções sensoriais de magnitude sejam verificadas.

2.3 EVOLUÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS PSICOFÍSICOS

As mais básicas tarefas envolvidas em experimentos psicofísicos são tarefas de detecção e discriminação. Uma tarefa de **detecção** envolve um ou mais intervalos de tempo durante o qual um estímulo pode ser apresentado. A tarefa do sujeito é dizer em qual, se em algum intervalo, o estímulo alvo está presente (Irtel, 2005). Complementando, Ehrenstein e Ehrenstein (1999) citam que uma tarefa de detecção pode começar com uma questão como “*Você consegue ouvir este som?*”. Tarefas de intervalo de tempo simples geralmente são chamadas de Tarefas Sim/Não (*Yes/No Tasks*), enquanto aquelas com múltiplos intervalos de tempo são denominadas Tarefas de Escolha Forçada (*Forced Choice Tasks*) (Irtel, 2005).

Ehrenstein e Ehrenstein (1999) adicionam que algumas vezes o interesse do experimentador não é em se a detecção ocorreu, mas determinar quais características do estímulo o observador pode identificar, como características do som ou sua localização espacial. Assim, a tarefa de detectar algo pode ser seguida por uma tarefa de **identificação** (ou **discriminação**).

Como abrangem Ehrenstein e Ehrenstein (1999), mesmo quando o sujeito percebe e identifica claramente um objeto, pode ainda ser inquirido com outros problemas do julgamento perceptual, como “*Quão perigosamente perto este carro está?*” ou “*O barulho do motor está mais alto do que o normal?*”. Essas e outras

questões relacionadas a “*Quanto de x há?*”, é parte de outro problema perceptual fundamental: o **escalonamento** – ou interpretação –, a magnitude do estímulo em uma escala psicofísica.

Surge então uma importante apreciação das diferentes capacidades de questionamentos que podem ser feitas em um experimento. Além disso, há uma clara hierarquização de componentes perceptuais nestes diferentes questionamentos. Detectar é o fenômeno consciente mais simples que um organismo pode ter. Discriminar depende de condições mínimas deste organismo em processar algumas dimensões da informação sensorial e diferenciá-las entre si.

Em certas condições, podemos ser capazes de detectar uma fonte luminosa, mas não sermos capazes de dizer mais nada sobre ela (cor, componentes espaciais, variação temporal, etc...). Para tal, necessitamos de capacidades discriminatórias que, neste exemplo, nosso sistema perceptual não dispõe. Assim é com o reconhecimento e posteriormente com o escalonamento, permitindo acessarmos níveis cada vez mais complexos do processamento da informação em percepção consciente.

Stevens (1958a) trás um relato histórico interessante sobre os primórdios dos métodos escalares, pois antes da fotometria os homens já olhavam para as estrelas e julgavam seu brilho aparente.

A primeira escala de categorização para um fenômeno sensorial é atribuído a Hipparchus de Nicéia. Por volta de 150 a.C., ele inventou uma escala categórica para classificar o brilho das estrelas: magnitude estelar. Hipparchus usou seis níveis para rotular as estrelas visíveis, começando com a categoria I como a mais brilhante e a categoria VI como as mais suaves. Sucessivos números em uma escala eram atribuídos a sucessivos intervalos da aparente magnitude estelar. E como Stevens destaca, algo interessante aconteceu: os homens finalmente aprenderam como medir o brilho das estrelas por métodos fotométricos e, séculos depois, para o encanto de Fechner, descobriu-se que as magnitudes atribuídas pelo simples processo de observar e julgar estímulos eram separadas por intervalos aproximadamente iguais numa escala logarítmica de valores fotométricos.

A invenção e inovação dos métodos psicofísicos é um aspecto de um longo desejo de solucionar o problema psicofísico proposto por Fechner no século retrasado. Manning e Rosenstock (1974) questionam se existirá uma fórmula geral,

para todos os sistemas sensoriais, que descreverá a relação entre o estímulo físico e o julgamento desse estímulo.

Métodos muito precisos de medida foram e têm sido desenvolvidos, permitindo que um observador livre descreva eventos e objetos físicos (Luce & Krumhansl, 1988). Cabe salientar também que os métodos que foram desenvolvidos ao longo de anos de estudos por Stevens, Estimativa de Magnitude (*Magnitude Estimation*), Produção de Magnitude (*Magnitude Production*) e Emparelhamento Intermodal (*Cross-modality Matching*) (Stevens, 1936, 1946, 1956, 1958a, 1958b, 1959; Stevens & Galanter, 1957) foram de fundamental importância para o avanço da Psicofísica enquanto método e ciência no contexto atual.

Por meio deles, Stevens contribuiu com a consolidação de um campo de estudo além da reestruturação o desenvolvimento de novas fórmulas matemáticas que oportuniza cada vez mais análises estatísticas significativas dos dados gerados pelos experimentos.

2.4 FUNÇÕES PSICOFÍSICAS

No campo das medidas objetivas, a psicofísica propõe métodos e funções matemáticas para representar o funcionamento dos órgãos sensoriais e modalidades perceptivas a partir da variada gama de estímulos que o ser humano se especializou em detectar. Dentre as leis psicofísicas, têm-se aquelas que estabelecem que, quando a magnitude de um estímulo sensorial aumenta, a intensidade das sensações cresce conforme um princípio básico comum (Stevens, 1971). Há quase dois séculos cientistas investigam e propõem qual será essa lei.

Destacam-se três leis na história da Psicofísica que foram de essencial importância para o seu desenvolvimento e avanço de novos estudos e metodologias. A partir de seus experimentos de discriminação de limiar, nos quais o observador era solicitado a separar ou discriminar entre dois estímulos que diferiam pouco entre si, Weber (1834) foi o primeiro a expressar uma relação entre a quantidade ou intensidade de algo e quanto mais precisava ser adicionado para o sujeito ser capaz de identificar que houve uma mudança.

A Lei de Weber propunha que a mudança do estímulo seria uma razão constante do estímulo original. Ele expressou essa relação na equação: $\Delta E/E = K$, na qual ΔE representa o aumento do limiar (diferença apenas perceptível para discriminação), E representa a intensidade do estímulo inicial e K significa que a proporção da fração permanece constante apesar da variação do estímulo (Thurstone, 1927).

Conforme criticam Luce e Krumhansl (1988), apesar de se aplicar a parte dos resultados, a Lei de Weber apenas revela algo sobre como a variabilidade do desempenho muda com a intensidade, mas não diz realmente nada sobre o crescimento subjetivo da sensação em intensidade.

Na tentativa de solucioná-la, Fechner (1966) primeiro expôs o problema relacionando os atributos globais da sensação com os locais, e acreditou que o tinha resolvido. Entretanto, por mais de um século esse problema ainda está em aberto. Partindo do pressuposto que as DAPs³ (diferenças apenas perceptíveis) eram frequentemente consideradas como as mudanças em intensidade que resultavam em alguns valores fixos para a probabilidade do observador de detectar a mudança, ele afirmou que as DAPs poderiam ser usadas como unidades de medida. E assim qual na função de Weber, ele assumiu que no plano subjetivo, todas as mudanças são equivalentes umas às outras, ou relacionadas usando métodos sequenciais (Luce & Krumhansl, 1988).

Fechner (1996) considerou ΔE como a diferença encontrada que corresponderia a 1 DAP e combinando seus estudos com o de Weber, sugeriu que a sensação aumentava em uma progressão aritmética com o aumento do estímulo em progressão geométrica, expressa em: $R = K \cdot \log E$, na qual E se refere à magnitude do estímulo, R se refere à intensidade da sensação (resposta) e K é a constante de Weber (Thurstone, 1927). Esta é a Lei de Fechner ou Lei de Weber-Fechner como alguns propõem que se deva chamar.

Entretanto, a abordagem de Fechner é válida apenas para a hipótese não testada de que a constante K é correta. Praticamente todas as objeções iniciais eram relacionadas a esse ponto, baseadas na observação recorrente de que razões de estímulos invariantes parecem corresponder, ao menos grosseiramente, a sensações invariantes.

³Do inglês *Just Noticeable Difference* – JND

Todavia, Stanley Smith Stevens se tornou o grande expoente do séc. XX ao propor uma terceira lei, a Lei de Potência (ou como ficou conhecida, Lei de Stevens), cuja aplicabilidade foi revelada em diversos de seus trabalhos e de outros laboratórios e experimentos.

2.5 STANLEY SMITH STEVENS E A FUNÇÃO DE POTÊNCIA

Como descreve Stevens (1946), por sete anos, o Comitê da Associação Britânica para o Avanço da Ciência debateu o problema da medição. Indicado em 1932 para representar a Sessão de Ciências Físicas e Matemáticas e a Sessão de Psicologia, o comitê foi instruído a considerar e reportar sobre a possibilidade da “estimativa quantitativa de eventos sensoriais” – questionando simplesmente: É possível medir as sensações humanas?

No clássico artigo *The Quantification of Sensation*, Stevens (1959) expõe e discute da forma mais ampla os aspectos e problemas matemáticos fundamentais para a medida das sensações que culminam na função de potência que será descrita a seguir como a solução para os problemas dos “antigos psicofísicos”. Ele foi enfático a considerar que apesar da Lei de Fechner ser “*belamente simples, porém completamente errada*” (p. 614), ela provavelmente não seria abandonada sem uma luta por parte de muitos cientistas da época.

Os modelos matemáticos propostos antes de Stevens tinham restrições impostas pelas estruturas particulares dos modelos numéricos utilizados. O grande problema era achar a melhor forma de reformular um grupo de dados em uma representação numérica sem a perda de dados dessas representações (Luce & Krumhansl, 1988).

Rediscutindo questões de outros trabalhos, Stevens (1946, 1955a, 1955b, 1958a, 1958b) caracteriza que dentre as propriedades empíricas para as quais os números podem servir de modelo as mais importantes são (1) Identidade: nomes ou rótulos para identificar itens ou classes, (2) Ordem: exprimir uma classificação ordinal (sequencial) de itens, (3) Intervalo: representar diferenças ou distancias entre itens; e (4) Razão: representar razões entre itens.

O princípio chave para o uso correto e exato de cada uma dessas escalas jaz na concepção da invariância, ou seja, uma escala que possa ser usada de tal modo que se podem transformar os números sem perder informações obtidas pelos resultados de experimentos empíricos. Para a proposta da Psicofísica e quantificação de sensações, o grupo que mais interessa são as escalas de razão, e é, portanto, o tipo mais utilizado (Stevens, 1946).

Um procedimento para a medida da sensação no mais interessante tipo de escala serviria, portanto, para atribuir números a sensações de forma que nenhuma transformação matemática (como a multiplicação por uma constante) pudesse causar a perda de informação. Com a escolha da escala de razão, pode-se dizer como a magnitude sensorial cresce com a intensidade do estímulo. Os números nessa escala poderiam permitir especificar quando uma sensação é x vezes mais intensa do que outra (Stevens, 1955a, 1957, 1958a, 1959).

Décadas depois, Zwislocki e Goodman (1980) expressaram a ideia de que os sujeitos tendem a fazer os julgamentos pelo uso de escalas absolutas mais do que escalas de razão. Como apontam Manning e Rosenstock (1974) e Stevens (1946) uma diferença básica entre as duas escalas é a existência de um “ponto zero verdadeiro” (e não arbitrário) na escala absoluta além de diferentes propriedades matemáticas. Mas em concordância com o proposto acima, a escala de razão permite a multiplicação por uma constante, enquanto escalas absolutas implicam em unidades fixas e, portanto, em grupamentos absolutos entre numerais e magnitudes psicológicas.

Stevens (1946) reafirma que apenas ocasionalmente existe a preocupação de um “ponto zero verdadeiro”, pois os atributos humanos medidos pelos psicólogos existem em um grau positivo que é amplamente comparado com sua faixa de variação.

É justo salientar que a Psicofísica tem pouco a dizer sobre variações qualitativas entre sensações. Esse aspecto do mundo sensorial nos confronta com uma sucessão de saltos instáveis e descontínuos quando vamos de qualidade para quantidade, bem como de uma modalidade sensorial para outra, e ainda não sabe bem por qual motivo. Por essa razão, Stevens (1959) define dois tipos de contínuos sensoriais cujos critérios são definidos em como eles se comportam nos experimentos psicofísicos: (1) Protético, de caráter quantitativo (o quê e quanto), e

(2) Metatético, de caráter qualitativo (como e onde). Esse último não parece compreender de forma pura e ordenada uma classe de variáveis perceptuais, e não é muito explorado.

O contínuo protético, por outro lado produziu boas recompensas pelo esforço sistemático de criar uma escala de magnitudes (Stevens, 1936; Stevens & Galanter, 1957). Cerca de 24 contínuos foram sendo examinados (Tabela 1 – Capítulo 3), sempre com o mesmo resultado; a magnitude da sensação (resposta) **R** cresce como uma função de potência da magnitude do estímulo **E**.

Eis, então, a Lei de Potência criada por Stevens (1957): $R = K.E^n$. A constante **K** depende da unidade de medida, mas o valor do expoente **n** pode variar de um contínuo sensorial para outro, e por ser o expoente da função, retrata diretamente o índice de sensibilidade do sujeito em relação ao atributo sensorial que medido.

Da Silva e Ribeiro-Filho (2011) explicam de forma bastante clara o significado de uma função de potência:

Uma vez que seu princípio são razões iguais entre os estímulos produzindo razões subjetivas iguais, podemos propor uma situação. Vejamos: suponha que o expoente (**n**) de uma função de potência seja 0,50 (e **K** = 1). Se um estímulo vale 100, a sensação correspondente será igual a 10, e se o estímulo vale 110, a sensação valerá 10,5; por conseguinte, se o estímulo aumenta em 10%, a sensação aumentará em 5%. Com a mesma função de potência, se o estímulo vale 200, a sensação valerá 14,14, e se o estímulo aumenta a 220, a sensação também aumentará a 14,83; também neste caso, se o estímulo aumenta em 10%, a sensação segue aumentando em 5%. Neste exemplo, a função de potência indica que se o estímulo aumenta em 10% a sensação aumentará sempre em 5%, independente do valor absoluto do estímulo aumentado. Este é o significado matemático da função de potência. (pp. 223-224)

Como raramente acontece em estudos psicológicos que uma simples lei quantitativa pôde ser demonstrada para se manter sobre diversas circunstâncias,

que a dispersão invariante da Lei de Potência se torna significativa, de fato. Essa lei pode ser considerada como um modelo adequado para descrever as relações entre respostas sensório-perceptivas e as respectivas estimulações físicas e parece governar nossas reações à luz e ao som, gosto e cheiro, calor e frio, vibração e choque – de fato, cada contínuo já explorado em cada variação de intensidade pode ser governado por essa lei.

A típica relação entre estímulo e resposta foi testada para muitos contínuos protéticos como uma função de potência como expressa na Figura 1. Os valores do expoente na relação $R = K.E^n$ foram em média 0,33 para brilho, 3,5 para intensidade aparente de choque elétrico aplicado nos dedos e 1,1 para comprimento aparente. As unidades das escalas foram escolhidas arbitrariamente de modo a mostrar a forma relativa das curvas em um gráfico simples.

Figura 1. Relação entre magnitude do estímulo magnitude da resposta. Adaptado de Stevens (1959, p. 616).

Como demonstra Stevens (1975), as magnitudes aparentes de choque elétrico, comprimento e brilho seguem diferentes curvas de crescimento, devido aos seus expoentes da função de potência. O expoente da função determina sua curvatura. A curva é côncava ascendente ou descendente, dependendo de quando expoente é maior ou menor do que 1. A função de potência para comprimento aparente é quase uma linha reta nessa coordenada linear, pois seu expoente é próximo de 1.

Analisando a Figura 1, percebe-se que a corrente elétrica produz a sensação cuja intensidade cresce mais e mais rapidamente do que a corrente aumenta, enquanto o brilho parece crescer menos e menos rapidamente com o crescimento físico intenso da luz. Stevens (1959) questiona que aparentemente um passo sensorial parece ser a metade de um passo físico, uma vez que o log de 0,3, expoente do brilho é 0,5. Uma feliz característica da função de potência é a forma que ela assume quando grafada em um gráfico de coordenadas logarítmicas (log-log). O gráfico da função então se torna uma linha reta, e a inclinação da linha é a medida direta do expoente. Pode-se ver como isso funciona ao fazer um gráfico log-log das mesmas três funções da figura anterior. Encontra-se que diferenças na curvatura da Figura 1 se tornam diferenças na inclinação da Figura 2. A inclinação da linha corresponde ao expoente da função de potência que governa o crescimento da sensação.

Figura 2. Quando as curvas da Figura 1 são plotadas num gráfico de coordenadas logarítmicas, elas se tornam linhas retas. Adaptado de Stevens (1959, p. 617).

Tal qual observado por Stevens (1957, 1959, 1970), uma característica peculiar da função de potência aparece quando posta num gráfico log-log (nas duas abscissas). O gráfico da função de potência se torna uma linha reta, e a inclinação da linha é a medida direta do expoente. Ou seja, o expoente (n) da função de potência determina sua inclinação. Logo, $n = 1$: linha reta (a sensação descrita varia linearmente com a intensidade do estímulo); $n > 1$: a linha representa uma função

ascendente com inclinação acentuada (superconstância ou superestimação), e $n < 1$; a inclinação da linha se torna mais horizontal (subconstância ou subestimação) (Da Silva, Matsushima, Aznar-Casanova, & Ribeiro-Filho, 2006).

Aplicando-se uma transformação logarítmica à equação de Stevens, pode-se reduzi-la a uma equação linear na forma: $\log R = n \cdot \log E + \log K$ (Fukusima, Ribeiro, & Silva, 1988). Dessa forma, é fácil dizer se os pontos caem na linha reta e ter uma estimativa aproximada do expoente da inclinação usando a regressão linear (Luce & Krumhansl, 1988).

O efeito similar que ocorre em todos os experimentos de emparelhamento é o efeito de regressão. Uma forma de pensar sobre esse efeito é considerá-lo como uma tendência do observador de encurtar a amplitude de qualquer variável permitindo-o ajustá-la. A presença ubíqua do efeito de regressão tem uma implicação importante, pois significa que qualquer experimento de emparelhamento simples, como EM (para mais detalhes ver tópico 2.7), gerará uma resposta que será apenas levemente enviesada. O expoente da função de potência obtida pela EM ocorre, em média, ligeiramente abaixo do expoente do contínuo sensorial.

A natureza dessa função de potência e a universalidade da sua aplicação atestam a existência de uma profunda e simples relação entre estímulos e respostas sensoriais: razões iguais entre estímulos produzem razões subjetivas iguais.

2.6 MÉTODOS ESCALARES

Talvez a forma mais fácil de eliciar um comportamento relevante em um sujeito é estimulá-lo com diversas intensidades sonoras, e pedir que ele associe um número proporcional à magnitude aparente para cada som, como ele o ouve.

De acordo com Luce e Krumhansl (1988), o escalonamento preocupa-se com o processo de atribuir números a objetos que reflitam da melhor forma possível, as regularidades exibidas em um conjunto de observações empíricas.

Figura 3. Gráfico de coordenadas log-log para sonoridade em uma tarefa de Estimativa de Magnitude. Adaptado de Stevens (1975, p. 28).

A Figura 3 retrata a função de sonoridade para um tom de 1.000 Hertz. A linha reta numa coordenada log-log tem uma inclinação (expoente) igual a 0,64. Esses dados são do experimento realizado por Pollack (1954). Nesse estudo, utilizaram-se cinco procedimentos experimentais psicofísicos para medir o limiar de discriminação à detecção da mudança de níveis sonoros. Eles diferem primariamente em termos da presença e ausência de um estímulo comparativo, mas principalmente por ser o primeiro, de acordo com Stevens (1975) a utilizar o então novo procedimento de permitir a cada sujeito escolher seu próprio padrão ou módulo. Ao primeiro estímulo apresentado, o sujeito atribuía qualquer número que lhe fosse apropriado. A linha vertical entre cada ponto mostra o intervalo interquartil dos 64 julgamentos, dois para cada sujeito. Desde que cada sujeito usou um módulo diferente, os dados foram primeiro normalizados equalizando a média geométrica do julgamento de cada sujeito.

Apesar da variabilidade da reação humana, da baixa precisão que cada efeito sensorial pode ser alcançado e do inevitável fato das diferenças individuais, é evidente que há uma lei simples e universal que controla toda dinâmica da intensidade sensorial (Stevens, 1959).

Os métodos de escalonamento são considerados por Ehrenstein e Ehrenstein (1999) as mais notáveis abordagem psicofísicas para avaliar intensidade

de estímulos supra limiares. A escala é como uma régua na qual se atribuem números a objetos ou eventos. Em linhas gerais, o escalonamento psicofísico tem como objetivo atribuir números à percepção dos eventos.

Coren, Ward e Enns (1994) alegam que as primeiras tentativas de se utilizar o escalonamento como um método psicofísico remontam aos experimentos de Edmund Sanford no fim dos anos de 1890. Sanford (1898) realizou um experimento com observadores julgando 109 envelopes, cada um contendo diferentes pesos (que variavam entre 5 e 100 g), separando os envelopes em cinco categorias (categoria 1 – mais leve, categoria 5 – mais pesado, e as restantes distribuídas nas outras categorias). A média de todos os pesos postos em cada categoria foi plotada em uma ordenada logarítmica, contra unidades lineares (números categóricos) na abscissa para obter uma medida de magnitude subjetiva. Esse método foi denominado Escalonamento Categórico, e por usar o julgamento de estímulos simples mais do que a comparação relativa entre os estímulos, é também referido como Julgamento Absoluto.

Segundo Marks (1974), o escalonamento categórico requer mais níveis de estímulos do que categorias e, como não se pode saber antecipadamente qual a categoria correta que o estímulo será atribuído, não há respostas certas ou erradas. Escalas de sensação baseadas em julgamentos de categorias se tornam relativamente estáveis sobre variações como o número de categorias usadas e os rótulos aplicados às categorias (números ou palavras). Elas dependem, entretanto, do espaçamento entre os estímulos, isto é, se o estímulo varia em passos que são iguais em termos absolutos ou relativos (logarítmicos).

Ehrenstein e Ehrenstein (1999) argumentam que o espaçamento linear é útil quando se trata de um número limitado de estímulos (uma a duas unidades log) para ser escalonada; já o espaçamento logarítmico é mais apropriado quando há um número extenso de estímulos para serem escalonados. O escalonamento categórico tem a vantagem de permitir respostas diretas do observador para as variações nos estímulos. No entanto, é limitado naquelas respostas em que são necessariamente restritas a poucas categorias. Assim, estímulos similares que podem gerar diferentes sensações podem, contudo, ser agrupados na mesma categoria. Outra técnica de escalonamento, a EM, evita esses problemas.

2.7 ESTIMATIVA DE MAGNITUDE

Segundo Irtel (2005), um tipo de tarefa psicofísica envolve a rotulação numérica de estímulos. Um caso simples é a atribuição de um estímulo simples para um número reduzido de categorias numéricas. Ou os sujeitos podem ser solicitados a atribuir diretamente números reais a estímulos ou pares de estímulos de modo que os números descrevam algum atributo de intensidade associado com a propriedade física do estímulo. A Estimativa de Magnitude é a tarefa mais conhecida desse tipo. Nela, pede-se ao sujeito que atribua um número real a um estímulo de modo que o número descreva a aparência de algum atributo desse estímulo, como volume, brilho ou peso. Essas tarefas geralmente envolvem estímulos que apresentam grandes diferenças em relação ao atributo físico do estímulo isolado, de modo que a discriminação seria certa se dois dos estímulos forem apresentados simultaneamente. Em muitos casos, os rótulos numéricos criados pelos sujeitos são tratados como números de tal modo que os dados serão os valores médios das respostas dos sujeitos.

Essencialmente, o método de EM é baseado na habilidade do sujeito de expressar razões sensoriais em números com um alto grau de consistência. Essa habilidade tem sido demonstrada largamente em diversos experimentos e é considerada bem estabelecida sem sombra de dúvidas (Hellman & Zwislocki, 1961).

Luce e Krumhansl (1988) salientam que como pode-se perceber, a EM é de algumas formas similar ao escalonamento categórico. A mais notável diferença é, primeiro, que o número de categorias é muito maior (p. ex. qualquer número positivo que pode variar de 1 a 100 ou 10.000 ao infinito) e, segundo, os sujeitos são requisitados a responder de modo a preservar a razão subjetiva, e não as diferenças subjetivas entre os estímulos.

Stevens defendeu a coleta de dados de apenas algumas observações (geralmente duas) de poucos estímulos (entre cinco e 10) para um número moderado de sujeitos (geralmente 10), e então ele obtinha a média de todas as respostas dos sujeitos para cada estímulo. Ele valorizava mais a participação de sujeitos não treinados e inexperientes (Luce & Krumhansl, 1988).

Em muitos contínuos perceptuais se verifica que um experimento balanceado não pode ser elaborado, pois frequentemente não há nenhuma forma de

dispor os estímulos sobre o controle do observador. Principalmente por essa razão, o método da EM se tornou o procedimento de escalonamento mais frequentemente usado. O próprio Stevens (1975) afirma que não consegue imaginar uma circunstância na qual esse método não possa ser aplicado.

Muitos sujeitos, uma vez que entendam a tarefa (EM), realizam-na com razoável sucesso. Nem todos farão os mesmos julgamentos, ou até mesmo sentirão grande confiança no que estão fazendo, mas o resultado médio para um grupo de sujeitos normais revela ser bastante estável e reproduzível. Entretanto é a reação do sujeito típico (média) que interessa, como resume Stevens (1959).

Ehrenstein e Ehrenstein (1999) colocam que em sua formulação básica, a EM é relativamente simples. Ao observador é apresentado uma série de estímulos em uma ordem irregular e instruído a dizer quão intensos aparecem atribuindo números a eles. Por exemplo, solicita-se ao observador que atribua ao primeiro estímulo, seja um sinal sonoro, qualquer número que pareça apropriado e então atribua sucessivos números de modo que eles reflitam as diferenças subjetivas na intensidade percebida. A fim de fazer cada número condizer com a intensidade percebida, ele pode fazer o uso de todos os numerais ou decimais. Isto é se um som aparenta ser ligeiramente mais alto do que outro, o mais alto pode valer 1,1, 11 ou 110, e o mais baixo 1,0, 10 ou 100, respectivamente. Geralmente não há limite na extensão de números que o observador pode usar, embora algumas vezes o experimentador pode arbitrariamente atribuir um dado número para um estímulo em um nível específico. Nesse caso, pode ser dito ao sujeito para usar a classificação 100 que corresponderá a um ruído sonoro de 65 decibéis (dB), e sua tarefa será realizar as classificações posteriores.

Eles salientam ainda que devido a essa ampla liberdade de atribuir números às intensidades percebidas, pode-se esperar que o resultado seja um desarranjo aleatório de números, mas de fato isso não ocorre. Se os números específicos atribuídos às intensidades específicas dos estímulos variarem de observador para observador, a ordem e o espaço entre os números mostram o alto grau de regularidade entre os indivíduos.

Quando se aplica esse método de escalonamento direto (*direct ratio-scaling method*), o experimentador deve usar um grande intervalo de valores de estímulos quanto possível ou prático. Isso é para assegurar que a magnitude

sensorial será bem distribuída sobre a extensão perceptual. Entretanto, as sessões devem ser feitas com uma duração razoável para não sobrecarregar os sujeitos. É preferível aplicar múltiplas sessões em vez de uma sessão extremamente longa.

Espera-se que as relações subjacentes sejam similares para todos os indivíduos testados, e para tal deve-se calcular a média dos dados. Para a média de desse método, a média geométrica é preferível à média aritmética por ser menos suscetível a valores extremos que são prováveis de ocorrer em experimentos nos quais os sujeitos escolhem seus próprios números.

Como Marks (1974) recomenda usar sempre a média geométrica para cálculos em EM. Uma vez que se decidiu como calcular a medida central, devem-se plotar os dados, que frequentemente são feitos em linhas de duplas coordenadas logarítmicas, e uma linha reta em um gráfico de coordenadas duplas em log indica uma função de potência simples entre o estímulo e a sensação (Ehrenstein & Ehrenstein, 1999).

2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O VALOR DO EXPOENTE

Goldner, *et al.* (1971) destacam que o valor dos expoentes podem diferir a depender das condições sob as quais os julgamentos são feitos. Não obstante, diferenças no expoente podem servir como indicadores de mudança nos padrões dos procedimentos experimentais. Mudanças na adaptação ocular, variação na taxa de estímulos, modo como as instruções são passadas aos sujeitos, condições de iluminação ambiental, *etc.* resultaram em diferentes expoentes em tarefas de EM.

Baird (1997b) também explicita variáveis como taxa de estímulos, número de respostas alternativas e a presença de um estímulo padrão como determinantes importantes para obtenção dos resultados. Outros fatores como atenção (tempo permitido de observação do estímulo) também foram descritos como possível influência para perceber detalhes que mudam o julgamento (Woodworth & Thorndike, 1900).

O principal, e talvez mais importante estudo que investiga as influências externas nos resultados dos estudos de EM é o de Poulton (1968). Neste, ele identifica e analisa seis variáveis que apresentam resultados controversos nas 76

referências que foram exploradas. Em sua análise ele identificou como importantes variáveis a serem consideradas nos estudos:

- (1) A amplitude dos estímulos: um número menor de estímulos produz uma função mais inclinada do que um número maior;
- (2) Se a série inclui a região do limiar: a inclinação da reta é maior próxima da região do limiar do contínuo medido;
- (3) A posição do padrão (primeiro estímulo) na série: quando a magnitude física do estímulo padrão é mais próxima do valor mínimo, as variáveis menores do que o padrão geram retas mais inclinadas do que as maiores. De forma semelhante, quando o padrão está mais próximo dos valores superiores, as variáveis maiores que o padrão geram retas mais inclinadas;
- (4) A distância da primeira variável (segundo estímulo) do padrão: para os primeiros julgamentos, a inclinação da reta aponta um expoente maior para variáveis mais próximas ao padrão do que para as mais distantes;
- (5) Se o grupo de números usados é finito ou infinito: em estimativas múltiplas, nas quais o grupo de números disponíveis para o observador é infinito, a reta é mais inclinada do que quando existe uma quantidade limitada de números para usar nos julgamentos; e
- (6) O tamanho do módulo (valor numérico atribuído ao padrão): aumentando o tamanho do módulo, se aumenta o grupo de números disponíveis para usar nos julgamentos, aumentando a inclinação da reta.

2.9 ALGUNS ESTUDOS COM ESTIMATIVA DE MAGNITUDE

Diversos estudos foram realizados investigando aspectos que influenciam a percepção na EM. Num desses estudos, (Baird, Romer, & Stein, 1970) os autores encontraram que o expoente para área pode ser maior (0,9 – 1,2) quando um estímulo padrão (também chamado de módulo) estava presente e menor (0,6 – 0,9) quando não estava presente.

Masin e Vidotto (1983) realizaram um estudo sistemático utilizando a EM para investigar os efeitos da orientação da ilusão do T invertido (*inverted-T illusion*). Com esse método, eles descobriram que existe uma diferença de julgamento,

havendo um aumento no tamanho vertical aparente e diminuição do tamanho horizontal quando as linhas eram apresentadas separadamente de quando eram apresentadas em forma de T.

Em uma análise mais ampla, Merkle e Steyvers (2011) alegando a eficácia de métodos de julgamento de magnitude e previsão de eventos para tomada de decisão em questões relacionadas à segurança nacional, tratamentos médicos e economia, propuseram um modelo psicológico para agregar julgamentos de magnitude a outros métodos para investigar questões como duração de estoques alimentícios ou até mesmo para estimar o número de indivíduos atingidos pelo vírus H1N1 em uma região específica.

Bacci (1992) investigou a percepção visual de distância para indivíduos portadores de deficiência mental através da psicofísica escalar.

Nos experimentos de Hilgard (1959) e Da Silva e Ribeiro-Filho (2011), os métodos psicofísicos de escalonamento de razão foram aplicados para medir a magnitude da sensação de dor experimental, resultando em expoentes da função de potência de 1,0 para calor radiante, 2,1 – 2,2 para calor gerado por contato e 1,8 para estimulação elétrica na pele.

O método da EM foi utilizado com sucesso no julgamento da gravidade de diferentes enfermidades. Wyler, Masuda e Holmes (1968) elaboraram uma lista contendo 126 enfermidades que foi enviada pelo correio a duas amostras distintas: uma não médica e a outra médica. A tarefa dos sujeitos consistia em estimar a magnitude da gravidade das enfermidades assinalando a cada uma delas um número que fosse proporcional ao valor de 500 designado à enfermidade da úlcera péptica.

No experimento de Kamizaki, Sousa-Faleiros, Sant'ana e Da Silva (1999) a gravidade de quadros clínicos foi avaliada por esse método. Os objetivos deste experimento foram comparar as escalas derivadas de julgamentos de razão feitos por três diferentes amostras brasileiras e verificar a estabilidade e a concordância das estimativas da gravidade de quadros clínicos julgada no Brasil, Estados Unidos e Inglaterra.

Alliprandini e Da Silva (2000) realizaram um estudo cujo objetivo foi verificar o efeito da idade no expoente da função-potência nas condições experimentais Perceptiva, Memória e Inferência. Para cada condição, as faixas

etárias dos sujeitos variaram de 17 a 34 anos (I), 38 a 57 anos (II) e 58 a 77anos de idade (III). Os sujeitos estimaram áreas dos Estados do Brasil. Os resultados obtidos pelas três Faixas etárias não diferiram para cada condição experimental, com exceção da condição Memória (24 horas). A análise entre as condições experimentais e Faixas etárias evidenciou uma diferença da condição Perceptiva em relação às demais, não havendo diferenças entre as condições Memória e Inferência. Os dados apresentados sugerem que no processo de relembrar, não há perda da informação em função da idade.

Mais recentemente, foi realizado um estudo sobre a habilidade de adultos, com e sem deficiência visual, de julgar distâncias entre objetos em ambiente real (Cecchele, Lopes, Nakanami, & Costa, 2014). O interessante resultado mostra que sujeitos com deficiências visuais apresentam estimativas de distâncias absolutas diferentes dos sujeitos com visão normal. No entanto, os expoentes das funções de potência são semelhantes entre os dois grupos sugerindo que, embora haja um prejuízo no julgamento das distâncias, a consistência interna do sujeito, revelada pelo semelhante julgamento de razão, está preservada.

2.10 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Pela inexistência de instrumentos adequados para alcançar os objetivos do presente trabalho, o desenvolvimento e implementação de um sistema computacional para ser utilizado como programa se tornou importante para o desenvolvimento do projeto. O programa piloto *Circle Size Judgment* (atualmente “Psicofísica para Medida de Estimativa de Magnitude”) foi desenvolvido e aprimorado por Nagy, Costa e Magalhães (2013) como uma ferramenta psicofísica para medidas de EM sob diferentes condições experimentais.

A estrutura do programa foi desenvolvida primariamente no *MATLAB* versão R2012 utilizando o acessório *Psychophysics Toolbox* versão 3, um pacote complementar que facilita a criação e o uso de estímulos do *MATLAB* para a pesquisa na área visual, pois sua linguagem permite a alteração de qualquer parâmetro necessário ao pesquisador.

Uma vez criadas e fixadas todas as variáveis que seriam testadas no programa, o mesmo foi adaptado para ser executado no *Microsoft Power Point* 2007 (ou versão superior). A comparação e análise das duas versões não revelaram nenhuma desvantagem para o uso em um programa mais simples. Apontou a vantagem de ser mais eficiente, demandando menos tempo para o experimentador ajustar os materiais como computador, cronômetro e prancheta de anotações.

Quatro diferentes protocolos foram gerados, porém todos com o mesmo design e funcionalidade como serão apresentados no Capítulo 5 Material e Métodos.

2.11 ESTUDOS PILOTOS REALIZADOS NO INSTITUTO DE PSICOLOGIA

Dois testes pilotos foram realizados entre março e junho de 2012 no Laboratório de Psicofisiologia Sensorial com EM. No primeiro (Costa, Nagy, & Magalhães, 2012), 82 sujeitos com acuidade visual normal ou corrigida para a normalidade (média de idade 22 anos, $dp = 1,4$) foram testados. O procedimento consistiu em um programa de computador no qual havia dois círculos cinza com luminância de 40 cd/m^2 , com 10° de distância entre eles. No lado esquerdo, havia um círculo de referência (ângulo visual de $1,1^\circ$) no qual era atribuído um valor arbitrário de 50. A tarefa dos sujeitos era julgar o tamanho aparente dos círculos no lado direito do monitor, atribuindo um número proporcional à mudança de tamanho, relativo ao círculo módulo. Sete diferentes tamanhos (0,6, 0,8, 1,0, 1,1, 1,3, 1,4, 1,5 graus a 50 cm) entre menor e maior que o círculo referência foram apresentados. Os resultados mostraram uma alta correlação entre os logs do estímulo e da resposta subjetiva. O expoente obtido foi 0,71, indicando que para o julgamento do tamanho aparente do círculo é duas vezes maior ou menor do que a referência, nós precisamos uma mudança de três vezes do tamanho físico. Em conclusão, encontrou-se um julgamento não linear no tamanho aparente de círculos cinza numa população de jovens adultos com visão normal.

No segundo estudo (Costa, Magalhães, & Nagy, 2012) utilizou-se o mesmo programa para obter o tamanho aparente de círculos em duas condições experimentais diferentes: (1) com um fundo preto e (2) com gradiente de linhas sugerindo profundidade. Vinte e dois sujeitos com acuidade visual normal ou

corrigida para a normalidade ($m = 21,3$ $dp = 1,6$) foram testados. O procedimento foi o mesmo do experimento anterior. Os resultados mostram uma alta correlação para o tamanho de círculos e condições de profundidade ($R^2 = 0,987$ e $R^2 = 0,997$) entre os logs do estímulo e da resposta subjetiva. Os expoentes obtidos foram 0,69 e 1,09, respectivamente. O tamanho do círculo era julgado subjetivamente mais próximo do tamanho físico em condições de profundidade do que em condições livres de outras pistas visuais.

2.12 PUBLICAÇÕES ATUAIS

Atualmente estamos publicando os resultados dos primeiros estudos realizados no Laboratório de Psicofisiologia Sensorial do IPUSP utilizando julgamento de círculos em diversas condições experimentais (em anexo). Já foram apresentados três pôsteres em congressos nacionais e internacionais (Costa, Magalhães & Nagy, 2012; Costa, Nagy & Magalhães, 2012; Magalhães & Costa, 2012).

Dois resumos foram submetidos e encontram-se em apreciação para apresentação, o primeiro na 44ª Reunião da Sociedade Brasileira de Psicologia (Magalhães, A., Costa, M. F., & Nagy, B. V. (2014). *Hemispheric asymmetry between men and women measured by magnitude estimation method.*), e o segundo na 30th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics - Fechner Day 2014 (Costa, T. L., Costa, M. F., Magalhães, A., Rêgo, G. G., Nagy, B. V., Boggio, P. S., & Ventura, D. F. (2014). *The role of V1 in size and depth judgment: a transcranial direct current stimulation study.*).

O primeiro artigo "*Depth cues changes circle size judgment measured by psychophysical scaling*" (Costa, Nagy & Magalhães, 2014), utilizando o programa e os procedimentos desenvolvidos ao longo da execução desse projeto de mestrado foi aceito para publicação nas próximas edições do *The Open Psychology Journal* e encontra-se em anexo.

3 JUSTIFICATIVA

Alguns autores (Lappin, Shelton, & Rieser, 2006) consideram que a visão representa a mais rica fonte de informações sobre o ambiente, e sua importância se deve, entre outras habilidades, à capacidade de discriminar diversas propriedades dos objetos como tamanho, forma, cor, textura... Estudos de percepção demonstram que julgamentos errôneos frequentemente ocorrem em ambientes com parâmetros de referência ambíguos ou desconhecidos. Compreender alguns dos efeitos que alteram a percepção visual é necessário para uma teoria adequada da percepção visual. Evidências sobre os efeitos do contexto ambiental ainda são limitadas, mas sabe-se que alterações no plano de fundo, criação de lacunas, mudança de textura alteram, entre outros aspectos, na percepção de profundidade (Gibson, 1950, 1966).

A visão é um dos nossos sentidos mais valiosos. A maioria do conhecimento que temos sobre o mundo ao nosso redor vem por meio dos nossos olhos. A perda da capacidade visual pode resultar em isolamento social, depressão, aumento no risco de acidentes, incapacidade para dirigir, ler, fazer contas, se vestir, comer, escrever, até a comunicação ou simples interações entre as pessoas (Rein *et al.*, 2006) e a qualidade da visão é parte integral da qualidade de vida de todos os indivíduos (Stelmack, 2001).

No estudo de Wyler, Masuda & Holmes (1968) sobre a seriedade de doenças, a cegueira e patologias relacionadas apareceu na posição 110 de 126 patologias em ordem de gravidade crescente. Giridhar *et al.* (2002) realizaram um estudo sobre o medo da perda da visão comparando com outras doenças como câncer, transtornos mentais, ataque cardíaco, perda dos membros, perda da audição e fala, e paralisia. A prevalência para o medo de perder a visão foi de 90,9%. Dessa forma, destaca-se a importância que tem estudar aspectos da visão e percepção visual.

Além desse aspecto, a falta de literatura acerca do tema proposto: o uso da Estimativa de Magnitude para o julgamento do tamanho de figuras, especificamente círculos com a manipulação de variáveis nos estímulos.

Utilizamos o escalonamento a todo o momento no nosso cotidiano muitas vezes de maneira inconsciente para avaliar distância, tamanho, peso e outros atributos dos objetos ao nosso redor. Compreender como ocorre, suas funções e

variáveis é investigar como as pessoas julgam estímulos que estão acima do limiar e sua importância jaz principalmente em retomar aspectos da Psicofísica Clássica trazendo consigo modificações que nos permitem uma maior variação dos estímulos, resultados mais objetivos e melhor análise dos dados.

Portanto, é de fundamental importância realizar um estudo com uma metodologia diferente para investigar aspectos sensoriais básicos da visão. Uma parte dos estudos atuais em Psicofísica é dedicada à investigação de aspectos limiares e subliminares e é bem estabelecida, a outra vertente tem se desenvolvido para características mais complexas e funções cognitivas superiores como tomada de decisão, memória, atenção, etc.

Entretanto, os estudos que utilizam uma abordagem *fechneriana* realizaram medidas de limiar, utilizando diferentes níveis de intensidade de estímulos para descobrir a modificação necessária na dimensão de um estímulo para gerar uma percepção. Não se tem um julgamento direto de como realizamos tais medidas relacionadas a tamanho e quais atributos nos estímulos provocam alteração desse tipo de percepção.

O próprio Stevens (1975) explorou uma ampla gama de atributos de estímulos e tabulou a média dos expoentes para diversos atributos sensoriais. Na Tabela 1 ele apresenta um levantamento dos expoentes encontrados em diversos estudos das funções de potência relacionadas à magnitude subjetiva da magnitude de estímulos. É interessante observar que para o contínuo em destaque (área), o expoente encontrado foi 0,70 para um estímulo em forma de quadrado. No presente estudo, a proposta é utilizar dimensionamento de tamanho de círculos projetados em uma tela de computador sob diferentes condições experimentais.

Tabela 1 – Expoentes representativos das funções de potência relacionadas à magnitude subjetivas da magnitude dos estímulos. Adaptada de Stevens (1975, p. 15).

Contínuo Sensorial	Expoente	Condição do estímulo
Sonoridade	0,67	Pressão sonora de um tom em 3.000 Hz
Vibração	0,95	Amplitude de 60 Hz no dedo
Vibração	0,60	Amplitude de 250 Hz no dedo
Brilho	0,33	Alvo de 5º no escuro

Brilho	0,50	Ponto de luz
Brilho	0,50	Flash de luz breve
Brilho	1,00	Ponto de luz piscando
Luminosidade	1,20	Reflectância de papéis cinza
Comprimento visual	1,00	Linha projetada
Área visual	0,70	Quadrado projetado
Saturação de vermelho	1,70	Mistura de vermelho e cinza
Sabor	1,30	Sacarose
Sabor	1,40	Sal
Sabor	0,80	Sacarina
Cheiro	0,60	Heptano
Frio	1,00	Metal em contato com o braço
Calor	1,60	Metal em contato com o braço
Calor	1,30	Irradiação sobre a pele, área pequena
Calor	0,70	Irradiação sobre a pele, área grande
Desconforto, frio	1,70	Irradiação corporal
Desconforto, calor	0,70	Irradiação corporal
Dortémica	1,00	Calor radiante na pele
Rigideztátil	0,80	Pressionar uma borracha
Pinça com osdedos	1,30	Espessura de blocos
Força muscular	1,70	Contração estática
Peso	1,45	Levantamento de peso
Viscosidade	0,42	Agitar fluídos de silicone
Choqueelétrico	3,50	Corrente através dos dedos
Esforço vocal	1,10	Pressão sonora vocal
Aceleração angular	1,40	Rotação de 5 segundos
Duração	1,10	Estímulo de ruído brando

Outro aspecto que chama atenção para a necessidade de se estudar aspectos básicos desponta na pesquisa bibliográfica em grandes bases de dados nacionais e internacionais. Ela revela, em um primeiro momento, resultados animadores. Abaixo a Tabela 2 apresenta os resultados (artigos, capítulos, resumos,

conferências e outros trabalhos) encontrados a partir das diferentes palavras chaves inseridas:

Tabela 2 – Número de publicações nos principais indexadores para diferentes palavras chaves relacionadas à Estimativa de Magnitude de tamanho de círculos.

BASE DE DADOS	PALAVRA CHAVE	RESULTADOS
Pubmed	<i>magnitude estimation</i>	3.483
	<i>magnitude estimation size</i>	424
	<i>"magnitude estimation"</i>	653
	<i>"magnitude estimation" + size</i>	69
CAPES	<i>magnitude estimation</i>	718
	<i>"magnitude estimation"</i>	119
	<i>"magnitude estimation" + size</i>	39
Scielo	<i>magnitude estimation</i>	4
Scopus	<i>magnitude estimation</i>	22.622
	<i>magnitude estimation + size</i>	2.488
	<i>magnitude estimation + size + vision</i>	63
	<i>magnitude estimation + size + circle</i>	290
	<i>scaling + size + circle</i>	6
Science Direct	<i>magnitude estimation</i>	35.793
	<i>"magnitude estimation"</i>	3.714
	<i>"magnitude estimation" size</i>	2.143
	<i>magnitude estimation + method</i>	22
JSTOR	<i>magnitude estimation + size</i>	11.150
	<i>magnitude estimation + size + method</i>	4.661

Entretanto é importante salientar que a faixa de tempo na qual os estudos foram publicados e indexados estão compreendidos entre 1900 e 2014. Os estudos até a década de 1950 não utilizavam o mesmo método da EM aqui proposta, a de Stevens. Assim como Stevens (1975), os experimentos não devotaram muita atenção ao estudo de julgamento de tamanho de figuras.

Após essa época, aqueles que utilizavam a EM como metodologia, em sua maioria tinham como tópicos de investigação aspectos como: sonoridade, peso, profundidade, localização espacial, ilusões de óptica, brilho, duração,

reconhecimento de face, relação entre tamanho e peso, numerosidade, gosto, dor, visão de cores, textura, velocidade, visão binocular *versus* visão monocular, pistas visuais em ambientes naturais, trabalhos teóricos, texturas em objetos tridimensionais, constância de cores, movimento, tamanho de setas, linhas, quadrados, pontos luminosos e letras, saturação de cores, estimativa populacional, julgamento moral, crenças gerais, toxicidade, profundidade em cena tridimensional, temperatura, aceitabilidade linguística, dentre outras centenas de temas.

Outro aspecto que dificulta uma revisão bibliográfica e serve como indicativo do hiato que existe nesse tipo de pesquisa é que parte das referências que se aproximam do nosso tema não se encontram mais disponíveis em nenhuma das bases de dados disponíveis na internet ou bibliotecas físicas.

Não obstante, algumas bases que retornaram resultados parecidos com a nossa proposta de usar exclusivamente a EM para obter expoentes de julgamento de tamanho de figuras, destacam-se seis:

- 1 - Um estudo sobre a influência da familiaridade do objeto na estimativa de magnitude de tamanho aparente com figuras bidimensionais (Predebon, 1992);
- 2 – Um estudo sobre o efeito da idade nas Funções Psicofísicas para Área Percebida, Inferida e Relembrada com o dimensionamento do tamanho dos estados do Brasil (Alliprandini & Da Silva, 2000)
- 3 – Masin e Vidotto (1983) estudaram o efeito da orientação na estimativa de tamanho da ilusão do T invertido,
- 4 – Teghtsoonian e Beckwith (1976) investigaram como ambos: distância e tamanho, variam em uma população infantil;
- 5 – Alves e Fukushima (2005) investigaram o papel das instruções de julgamento (aparente ou objetivo) e de informações pictóricas de profundidade na percepção de tamanho relativo no qual os observadores escolhiam entre dois retângulos que eram apresentados na tela de um computador;
- 6 – A publicação de Macmillan *et al.* (1974) é a que mais se aproxima do aqui proposto. Dois experimentos foram criados para fornecer um teste direto do postulado sobre os efeitos da presença de um estímulo padrão sobre o expoente de tamanho de círculos, pela variação dos estímulos e de outras variáveis. Nesse experimento cada sujeito realizou 21 julgamentos, 11 de Estimativa de Magnitude e 10 de Produção de Magnitude. No procedimento EM, apresentava-se a um grupo de

sujeitos folhas com um círculo de tamanho fixo, que servia de padrão, com valor de módulo 10, e um outro que variava de tamanho, para os sujeitos avaliarem a área do segundo círculo baseada no módulo atribuído ao círculo padrão. Ao outro grupo, o círculo padrão foi apresentado e removido, realizando posteriormente o procedimento de EM sem o círculo que servia de padrão. Os resultados apontaram que a presença do estímulo padrão aumenta o expoente da função de potência, ou seja, a apresentação contínua do círculo padrão promove uma superestimação do tamanho dos círculos por parte dos sujeitos.

É preciso reconhecer a importância desses estudos, porém, como supracitado, novas possibilidades surgem ao desenvolver um programa para computador que permite a manipulação de variáveis de forma simples, obtendo resultados rápidos que podem ser analisados segundo a Lei de Stevens.

Para além desses aspectos, a presente proposta se destacou pela possibilidade de medir a correlação entre estimativas de magnitude sob diversas condições experimentais, manipulando as variáveis possíveis em um mesmo experimento, que será mais bem descrito no Capítulo 5 Material e Métodos.

Esse foi um dos dois blocos de experimentação do projeto piloto: experimentos básicos, cujo objetivo foi abordar como elementos sensoriais básicos para a visão espacial podem interferir no julgamento para estímulos simples. Com os protocolos 2 e 4 manipularam-se variáveis como contraste e disposição espacial.

O bloco de experimentos de exploração metodológica buscou manipular experimentalmente fatores como valor de referência e indução de sensações como tamanho induzido de distância. Os protocolos 1 e 3 trataram da manipulação dos valores dos módulos apresentados em cada série de estímulos, e variação o plano de fundo induzindo profundidade, respectivamente.

A partir desses quatro protocolos propostos também foi possível investigar características como: variação na ordem dos estímulos, diferenças na lateralização do processamento visual; além de analisar diferenças entre os sexos e influências da idade e do tempo de resposta sob o valor do expoente da Função de Potência.

Numerosos são os estudos cujos resultados sugerem que distúrbios neurológicos e psiquiátricos causam problemas em aspectos da percepção visual que o indivíduo tem do mundo ao seu redor. Existem experimentos com anorexia (Madsen, Bohon, & Feusner, 2013; Paula, 2010; Paula & Mauerberg-deCastro,

2010), depressão (Bubl, Kern, Ebert, Bach, & van Elst, 2010; Golomb et al., 2009), transtorno do espectro autista (Foss-Feig, Tadin, Schauder, & Cascio, 2013; Wallisch & Bornstein, 2013), migrânea (Battista, Badcock, & McKendrick, 2010; McKendrick, Vingrys, Badcock, & Heywood, 2001), transtorno bipolar e esquizofrenia (Jahshana et al., 2014; Kimhy et al., 2007; Sergi & Greenb, 2003), ansiedade (Cruys, Schouten, & Wagemans, 2013; D'Hondt, Honoré, Williot, & Sequeira, 2014; Kim, Chen, & Tannock, 2013; Moriya & Tanno, 2011), transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (Banaschewski et al., 2006; Kim et al., 2013), entre outros.

A possibilidade de transformar o programa utilizado para a coleta de dados em um instrumento de *screening* para algumas psicopatologias é evidente. A partir dos valores encontrados, podem-se estabelecer parâmetros para classificações e diagnósticos, e como defende Costa (2011), o desenvolvimento de normas para testes de funções perceptuais é de fundamental importância na prática clínica.

A avaliação das funções visuais também ocupa importante papel na clínica oftalmológica auxiliando no diagnóstico de doenças oculares, seus diagnósticos diferenciais e acompanhando a sua evolução bem como a eficácia do tratamento adotado (Kjaer, Salomão, Belfort Jr., & Colella, 2000). Um instrumento simples como o desenvolvido que permite avaliação de um indivíduo em menos de cinco minutos e pode fornecer resultados confiáveis também detém um potencial clínico que pode ser prospectado posteriormente.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVOGERAL

Investigar quais fatores sensoriais básicos alteram a estimativa de magnitude direta de área de círculos nos sujeitos de uma população normal.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 - Averiguar a relação entre variação do estímulo físico com os respectivos julgamentos para diferentes condições visuais;
- 2 - Medir o julgamento escalonar de diferentes populações;
- 3 - Verificar se manipulações experimentais do estímulo influenciam o julgamento;
- 4 - Encontrar valores que sirvam de normas para a população brasileira;
- 5 - Desenvolver um instrumento para *screening* de algumas psicopatologias;
- 6 - Contribuir com os estudos de investigação metodológica no campo da Psicofísica Clássica.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 QUESTÕES ÉTICAS

O projeto de mestrado *“Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: um Estudo de Escalonamento Psicofísico”* foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (CEPH-IPUSP), e aprovado sob parecer de número 389.228 em 10/09/2013. Faz parte do projeto piloto *Funções Sensoriais Envolvidas no Julgamento Visual por Escalonamento Psicofísico* aprovado pelo CEPH-IPUSP sob parecer 240.412 em 08/04/2013 (ambos em anexo).

A todos que concordaram em participar do presente estudo foi disponibilizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com a Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde, que aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos (modelo em anexo).

Os sujeitos foram informados sobre os objetivos da avaliação psicofísica e forneceram permissão, por escrito, para que fossem realizados todos os testes necessários e para que, por uma rápida anamnese, fossem registrados os dados pessoais, ausência de psicopatologia e sinais de alterações comportamentais devido ao uso de substâncias psicoativas.

5.2 PARTICIPANTES

Participaram desse estudo um total de 78 sujeitos, com nível superior completo ou incompleto, todos com visão normal ou devidamente corrigida, distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais. Os dados demográficos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Casuística da população estudada.

PROTOCOLO		MASCULINO	FEMININO	GERAL
1	N	9	10	19
	Idade	m = 26,89 dp = 5,23	m = 24,60 dp = 1,65	m = 25,68 dp = 3,86
2	N	10	10	20
	Idade	m = 29,80 dp = 5,67	m = 27,70 dp = 4,90	m = 28,75 dp = 5,27
3	N	9	10	19
	Idade	m = 28,67 dp = 4,85	m = 28,4 dp = 5,52	m = 28,52 dp = 5,07
4	N	10	10	20
	Idade	m = 28,20 dp = 4,26	m = 26,10 dp = 3,81	m = 27,15 dp = 4,08
TOTAL	N	38	40	78
	Idade	m = 27,69 dp = 6,67	m = 26,78 dp = 6,08	m = 27,54 dp = 4,69

5.3 EQUIPAMENTO

Durante toda a coleta utilizou-se um computador particular Dell, modelo Inspiron 14 n4050, com processador Intel® Core™ i3 e tela LCD de 14”, com resolução de 1366 x 768 pixels (31,40° x 17,5°), com luminância mínima e máxima de 1,40 e 266,24 cd/m², respectivamente.

5.4 CALIBRAÇÃO DO MONITOR

A calibração do monitor foi realizada com o luminômetro Konica Minolta CS-100A. Ajustamos o monitor nos RGBs iguais para gerar níveis de cinza entre o preto e o branco. Geramos valores digitais arbitrários (DAC) a passos de 25 entre 0 e 255 e medimos suas respectivas luminâncias em uma sala escura. Entretanto, a luminância medida não é a luminância real, pois existe o fator de

calibração que gera os valores da luminância real emitida pelo monitor. Foi preciso corrigir os valores multiplicando-os pelos fatores de calibração indicados no manual do equipamento.

Nos valores medidos, realizamos um ajuste matemático para descobrir os valores intermediários entre 0 e 255, e assim escolhemos os valores 9, 12, 18, 45 e 165 cd/m² de luminância alvo para os círculos.

Após a criação das imagens dos círculos, a luminância dos círculos e do plano de fundo foi medida novamente e após correção, os valores reais emitidos pelos círculos foram 8, 13, 17, 39 e 151cd/m².

Como o objetivo do Protocolo 2 é a variação do contraste, usando o cálculo de Contraste de Weber ($CW = \frac{L_s - L_b}{L_b}$, na qual **Ls** é a luminância do estímulo e **Lb** a luminância do plano de fundo), com a mudança da luminância do círculo alvo as luminâncias dos planos de fundo variaram em 1,95, 2,57, 1,86, 2,40 e 2,57 cd/m². Por fim, obtivemos os valores de contraste para cada luminância de círculo no plano de fundo completamente preto. Os valores 3,5, 4,6, 9,6, 17,1 e 64,8 são, portanto, as variações de contraste medidas no Protocolo 2.

5.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROGRAMA

Em um computador, foram exibidas as instruções que deveriam ser lidas atentamente por cada participante. Na tela seguinte uma situação de teste serviu para confirmar que o sujeito compreendia a tarefa. De forma geral, em cada grupo de estimativas apareceram os 11 círculos de comparação que foram apresentados de forma aleatória (Figura 4), o que impossibilitou o efeito de aprendizagem.

Figura 4. Exemplo das telas do programa criado com o valor de módulo 50 e luminância de círculos em 151 cd/m^2 e plano de fundo em $1,40 \text{ cd/m}^2$. Apesar da ordem crescente, variaram-se apenas os tamanhos dos círculos de comparação que foram aleatorizados. Em cada uma das séries seguintes os sujeitos realizaram o

juízo do tamanho do círculo do lado direito com base no tamanho do círculo padrão do lado esquerdo com diferentes valores de módulo, luminância e planos de fundo. Com exceção do Protocolo 4, cujos círculos estavam dispostos na vertical, de modo que o na parte superior se encontrava o círculo de referência e na parte inferior do de comparação (ver tópico 5.7.4).

5.6 PARÂMETROS FÍSICOS DOS ESTÍMULOS

As Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 abaixo apresentam os parâmetros físicos dos estímulos utilizados. As coordenadas de cromaticidade dos círculos, de acordo com a CIE (1931) foram $x = 0,2680$ e $y = 0,2940$. Todos os parâmetros são descritos em graus, e foram calculados considerando as situações de testes nas quais o monitor estava a uma distância de 50 cm do olho com inclinação de 90° .

Figura 5. Parâmetros físicos em uma das telas de treino. Mantiveram-se esses valores nos Protocolos 1, 2 e 3. Dois círculos cinza com $18,3^\circ$ de separação entre eles, a $8,8^\circ$ de distância das laterais direita e esquerda do monitor e $9,9^\circ$ das bordas superior e inferior.

Figura 6. Parâmetros físicos da tela de treino de uma das séries de estimativa do Protocolo 3. Um plano de fundo com linhas verticais foi inserido. O padrão de distribuição das linhas em (a) foi de $0,8^\circ$ e em (b) de $1,5^\circ$.

Figura 7. Parâmetros físicos da tela de treino de uma das séries de estimativa do Protocolo 3. Um plano de fundo com linhas radiais foi inserido. O padrão de distribuição das linhas em (a) foi de $2,9^\circ$.

Figura 8. Parâmetros físicos da tela de treino de uma das séries de estimativa do Protocolo 3. Um plano de fundo com linhas horizontais foi inserido. O padrão de distribuição das linhas em (a) foi de $0,5^\circ$ e em (b) $1,6^\circ$.

Figura 9. Parâmetros físicos da tela de treino de uma das séries de estimativa do Protocolo 4. A cruz inserida no meio da tela ($17,2^\circ$ de distância das laterais) serviu para os sujeitos fixarem o olhar. Diferente dos outros protocolos, os círculos foram dispostos verticalmente a $9,6^\circ$ de distância entre si, com $8,0^\circ$ de distância da lateral direita e $5,1^\circ$ das bordas superior e inferior. Na série seguinte, cujos círculos apareciam no lado esquerdo com os valores correspondentes foram mantidos.

É importante ressaltar que todos os círculos de comparação apareciam aleatoriamente. A randomização para apresentação dos tamanhos dos círculos foi feita utilizando o *MATLAB* que gerou 15 ordens diferentes distribuídas nos quatro protocolos utilizados.

O parâmetro dimensional de variação dos círculos foi de acordo com o diâmetro em pixels, posteriormente convertido para graus (Tabela 4). Os valores reais dos estímulos para os Protocolos 2, 3 e 4 são os mesmos para o valor de módulo 50. Com exceção do Protocolo 1, no qual a mudança do módulo influenciava o tamanho a ser julgado. Como as grandezas físicas eram diretamente proporcionais, utilizou-se a regra de três simples para adequação da correspondência entre os diâmetros e os valores reais dos módulos 20, 100 e 500.

Tabela 4 – Demonstrativo do diâmetro físico dos círculos em pixels e graus com seus respectivos valores a serem julgados nas diferentes condições de módulo.

DIÂMETRO DOS CÍRCULOS		VALOR REAL DOS ESTÍMULOS			
		MÓDULO			
PIXELS	GRAUS	20	50	100	500
5	0,1	0,4	1	2	10
44	1,0	4,4	11	22	110
83	1,9	8,4	21	42	210
122	2,7	12,4	31	62	310
161	3,6	16,0	40	80	400
200	4,5	20,0	50	100	500
239	5,4	24,0	60	120	600
278	6,2	28,0	70	140	700
317	7,2	31,6	79	158	790
356	8,1	35,6	89	178	890
395	9,0	39,6	99	198	990

5.7 DESCRIÇÃO DOS PROTOCOLOS

5.7.1 Protocolo 1

Com o objetivo de avaliar como o valor do módulo influencia na tarefa de EM de tamanho, dois círculos cinza com 151 cd/m^2 de luminância em um plano de fundo preto mantido em $1,4 \text{ cd/m}^2$ (Figura 10). O círculo do lado esquerdo tinha um valor módulo atribuído arbitrariamente pelo experimentador que serviu de base para a estimativa da área dos círculos que apareciam do lado direito. Em cada tela um círculo diferente foi julgado e o valor relatado ao experimentador. Os valores dos módulos variaram em cada uma das quatro séries: 20, 50, 100 e 500, totalizando 44 estimativas, 11 para cada série.

Figura 10. Telas de treino para cada uma das séries com valores de módulos diferentes. Os círculos tinham luminância de 151 cd/m^2 e plano de fundo $1,4 \text{ cd/m}^2$. Em todas as séries variavam-se os tamanhos dos círculos e a cada 11 julgamentos, o módulo do círculo de referência. A tarefa dos sujeitos era a mesma para todas as séries: julgar a mudança do círculo do lado direito com base no círculo do lado esquerdo.

5.7.2 Protocolo 2

Assim como no Protocolo acima descrito, dois círculos cinza apareciam em um plano de fundo preto cuja luminância variou em 1,95, 2,57, 1,86, 2,40 e 2,57

cd/m² para cada uma das condições de luminância dos círculos alvo (Figura 11). O objetivo desse protocolo foi averiguar sob quais condições de luminância o julgamento dos sujeitos é mais próximo da realidade. O círculo do lado esquerdo tinha um valor módulo 50 atribuído arbitrariamente pelo experimentador que serviu de base para a estimativa da área dos círculos que apareciam do lado direito. Em cada tela um círculo diferente foi julgado e o valor relatado ao experimentador. Após a calibração do monitor (ver tópico 5.4), os valores de luminância dos 11 círculos para cada bloco de estimativas foram fixados em 8, 13, 17, 39 e 151 cd/m², e foi alterada em cada uma das cinco séries e totalizando 55 estimativas, 11 para cada luminância.

Figura 11. Telas de treino para cada uma das séries com valor de módulo 50 e suas diferentes luminâncias. Os círculos tinham luminância respectiva de 8, 13, 17, 39 e 151 cd/m². Em todas as séries variavam-se os tamanhos dos círculos e a cada 11 julgamentos, o valor de luminância dos círculos de referência e de comparação. A

tarefa dos sujeitos era a mesma para todas as séries: julgar a mudança do círculo do lado direito com base no círculo do lado esquerdo.

5.7.3 Protocolo3

Na primeira série, dois círculos cinza de luminância 151 cd/m^2 apareciam em um plano de fundo preto (Figura 12). No intuito de manipular a variável plano de fundo para investigar se a percepção dos observadores para o julgamento de tamanho se mantinha estável ou inconstante em alguma das situações alteradas, nas três séries seguintes o plano de fundo foi modificado. Linhas horizontais, verticais e radiais foram inseridas, totalizando 44 estimativas, novamente onze para cada condição.

O círculo do lado esquerdo tinha um valor módulo 50 atribuído arbitrariamente pelo experimentador que serviu de base para a estimativa da área dos círculos que apareciam do lado direito. Em cada tela um círculo diferente foi julgado e o valor relatado ao experimentador.

Figura 12. Telas de treino para cada uma das quatro séries com valor de módulo 50 e diferentes planos de fundos. Os círculos tinham luminância de 151 cd/m^2 e plano de fundo $1,4 \text{ cd/m}^2$. Em todas as séries variavam-se os tamanhos dos círculos e a cada 11 julgamentos o plano de fundo em toda a tela. A tarefa dos sujeitos era a

mesma para todas as séries: julgar a mudança do círculo do lado direito com base no círculo do lado esquerdo.

5.7.4 Protocolo 4

Diferente dos protocolos anteriores, esse consistiu de duas séries de dois círculos cinza de luminância 151 cd/m^2 dispostos verticalmente em um plano de fundo preto com luminância de $1,4 \text{ cd/m}^2$ (Figura 13). O círculo da faixa superior também tinha um valor módulo 50 atribuído arbitrariamente pelo experimentador que serviu de base para a estimativa da área dos círculos que apareciam na faixa inferior. Na primeira série os 11 círculos apareciam no lado direito da tela e em sequência mais 11 no lado esquerdo, totalizando 22 julgamentos.

Figura 13. Telas de treino para cada uma das duas séries com valor de módulo 50 e disposição no lado esquerdo e direito para investigar assimetria hemisférica. Os círculos tinham luminância de 151 cd/m^2 e plano de fundo $1,4 \text{ cd/m}^2$. Em todas as séries variavam-se os tamanhos dos círculos e a cada 11 julgamentos, os círculos (de referência e de comparação) mudavam de lado simultaneamente, da direita para a esquerda e vice-versa. A tarefa dos sujeitos era a mesma para as duas séries: julgar a mudança do círculo inferior com base no círculo superior.

5.8 INSTRUÇÕES

Como a falta de compreensão das instruções pode influenciar no valor do expoente, optamos por escrever as instruções na tela inicial do programa para que cada participante lesse por conta própria, ficando livre a necessidade de tirar qualquer dúvida com o pesquisador caso algum aspecto do procedimento não ficasse claro. Tomando como base as instruções utilizadas pelo próprio Stevens

(1975) e Green e Luce (1974) em tarefas de EM, elaboramos quatro diferentes instruções, uma para cada protocolo, descritas a seguir.

5.8.1 Protocolo 1

“Você está participando de um estudo sobre Estimativa de Magnitude. Serão apresentadas várias séries de estímulos em ordem aleatória na tela do computador. Sua tarefa é dimensionar o tamanho das figuras atribuindo um número a elas. Do lado esquerdo, aparecerá um círculo de referência que permanecerá intacto e presente durante todo o tempo. Os valores de referência serão diferentes em cada uma das quatro séries. Sua tarefa será a de julgar o tamanho do círculo do lado direito e dar, da forma mais precisa possível, o valor correspondente à mudança do tamanho que você julgar. Por exemplo, se o círculo da direita tiver duas vezes o tamanho do círculo da esquerda e este tiver um valor de referência de 20, você deve dar um valor correspondente ao dobro de 20 que é 40. Lembre-se de ser o mais preciso possível. Não há limite para os números que você quiser usar, podendo ser valores inteiros e decimais, como 15 e meio, 36 vírgula 8, etc. Tente fazer com que cada número corresponda a intensidade que você percebe.”

5.8.2 Protocolo 2

“Você está participando de um estudo sobre Estimativa de Magnitude. Serão apresentadas várias séries de estímulos em ordem aleatória na tela do computador. Sua tarefa é dimensionar o tamanho das figuras atribuindo um número a elas. Do lado esquerdo, aparecerá um círculo de referência que permanecerá intacto e presente durante todo o tempo. O valor de referência será igual para as cinco séries, entretanto os círculos aparecerão com tons diferentes em cada uma delas. Sua tarefa será a de julgar o tamanho do círculo do lado direito e dar, da forma mais precisa possível, o valor correspondente à mudança do tamanho que você julgar. Por exemplo, se o círculo da direita tiver duas vezes o tamanho do círculo da esquerda e este tiver um valor de referência de 50, você deve dar um valor correspondente ao dobro de 50, que é 100. Lembre-se de ser o mais preciso possível. Não há limite para os números que você quiser usar, podendo ser valores

inteiros e decimais, como 15 e meio, 36 vírgula 8, etc. Tente fazer com que cada número corresponda a intensidade que você percebe.”

5.8.3 Protocolo 3

“Você está participando de um estudo sobre Estimativa de Magnitude. Serão apresentadas várias séries de estímulos em ordem aleatória na tela do computador. Sua tarefa é dimensionar o tamanho das figuras atribuindo um número a elas. Do lado esquerdo, aparecerá um círculo de referência que permanecerá intacto e presente durante todo o tempo. O valor de referência será igual para as quatro séries, entretanto o plano de fundo será diferente em cada uma delas. Sua tarefa será a de julgar o tamanho do círculo do lado direito e dar, da forma mais precisa possível, o valor correspondente à mudança do tamanho que você julgar. Por exemplo, se o círculo da direita tiver duas vezes o tamanho do círculo da esquerda e este tiver um valor de referência de 50, você deve dar um valor correspondente ao dobro de 50, que é 100. Lembre-se de ser o mais preciso possível. Não há limite para os números que você quiser usar, podendo ser valores inteiros e decimais, como 15 e meio, 36 vírgula 8, etc. Tente fazer com que cada número corresponda a intensidade que você percebe.”

5.8.4 Protocolo 4

“Você está participando de um estudo sobre Estimativa de Magnitude. Serão apresentadas várias séries de estímulos em ordem aleatória na tela do computador. Sua tarefa é dimensionar o tamanho de figuras atribuindo um número a elas. Vou pedir que você coloque o oclusor no olho direito e mantenha o olhar direcionado para a cruz branca no centro da tela durante todo o período de realização da tarefa. Num primeiro momento, aparecerá um círculo de referência na parte superior da tela que permanecerá intacto e presente durante todo o tempo. Sua tarefa será a de julgar o tamanho dos círculos que aparecerão na parte inferior da tela, da forma mais precisa possível, o valor correspondente à mudança do tamanho que você julgar. Por exemplo, se o círculo inferior tiver duas vezes o tamanho do círculo superior e este tiver um valor de referência de 50, você deve dar

um valor correspondente ao dobro de 50, que é 100. Lembre-se de ser o mais preciso possível, podendo usar valores inteiros e decimais, com 15 e meio, 36 vírgula 8, etc. O valor de referência para as duas séries será o mesmo, porém os círculos aparecerão primeiro no lado direito da tela do computador, e no momento seguinte, no lado esquerdo.”

5.9 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Após cada participante concordar em participar da pesquisa, e ler e assinar o TCLE, eles foram encaminhados a uma das salas do Laboratório de Psicofisiologia Sensorial ou Laboratório da Visão para serem avaliados.

Para evitar o viés do conhecimento da tarefa, todos só souberam do que se tratava ao lerem as instruções na tela do computador. Foi-lhes informado que o tempo seria cronometrado, porém não haveria restrição quanto ao tempo utilizado por cada um para realizar as estimativas. Não foi permitida a utilização de nenhum instrumento de medida senão o perceptual.

O computador foi posicionado na frente de cada participante com um distanciamento de 50 cm do monitor e angulação de 90° para o centro da tela. Após a leitura das instruções foi questionado se havia dúvidas. Havendo dúvidas, o experimentador explicava qual era a tarefa. Assim, revelava-se uma tela preta com os círculos, servindo apenas como exemplo. Além de relatar ao experimentador o perfeito entendimento do que deveria ser feito e a possibilidade de tirar alguma dúvida, a tela de teste serviu como critério para que os indivíduos dessem continuidade aos julgamentos. Assim, os sujeitos começavam a fazer as estimativas de cada uma das telas, relatando suas respostas ao experimentador.

O Protocolo 2, cujo julgamento teve influência da mudança de luminância dos círculos, foi realizado em sala completamente escura para evitar os efeitos da luz do ambiente.

Como o efeito de ordem pode ser uma variável de confusão na interpretação dos resultados, uma forma de eliminá-los é introduzir um contrabalanço no estudo. Foi introduzido a partir de uma variação da ordem do

grupo de estímulos para cada protocolo. Metade dos sujeitos foi testada na série de estímulos em uma ordem e a outra metade na ordem inversa.

No P1 a primeira metade avaliou as quatro séries de diferentes módulos na ordem: 20, 50, 100 e 500 e a segunda metade na ordem contrária. No P2 a primeira metade julgou as cinco séries de diferentes luminâncias na ordem 8, 13, 17, 39 e 151cd/m², e a outra metade na ordem inversa. No P3 a primeira metade realizou a tarefa das quatro séries de diferentes plano de fundos, na ordem: sem linhas, com linhas horizontais, com linhas verticais e com linhas radiais e a outra metade de forma oposta. No P4, metade dos sujeitos estimou o tamanho dos círculos inferiores do lado direito em seguida do lado esquerdo, e a outra metade, primeiro o lado esquerdo depois o lado direito.

5.10 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Todas as respostas dos sujeitos foram inseridas em uma planilha no *Microsoft Excel 2007*, no qual os gráficos também foram gerados utilizando gráficos de dispersão. Tendo em vista que alguns sujeitos atribuíram valores zero, o julgamento do círculo de menor tamanho (0,1º) foi excluído da análise e construção dos gráficos, resultando em dez valores médios por série de estimativas e, portanto, dez pontos em cada linha. A análise estatística inferencial foi feita com o *Software Package for Social Sciences* versão 20.0. Realizou-se Testes T pareado para diferenças entre as médias das diferentes situações experimentais em um mesmo protocolo.

Como é frequente nos estudos de EM, os resultados foram calculados para cada condição e a partir da Lei de Stevens os dados foram plotados em um gráfico log-log. Em cada um deles foi calculado o desvio padrão, inserindo linhas correspondentes à variabilidade superior e inferior em cada condição.

Ao observar os gráficos nos tópicos Resultados, as linhas azuis representam os dados médios para cada uma das 10 tentativas, por meio das quais o expoente é obtido. As linhas vermelhas e verdes indicam a faixa de variabilidade, m+dp e m-dp, respectivamente. As três linhas pretas que acompanham as linhas coloridas são linhas de tendência (potência) que auxiliam na visualização da

inclinação para cada uma das funções calculadas. Essas características supracitadas acerca dos gráficos de EM se repetirão em todos os gráficos que serão apresentados.

6 RESULTADOS PROTOCOLO 1

Abaixo, as Figuras 14, 15, 16 e 17 mostram os dados médios para cada uma das condições.

Figura 14. Medidas do expoente de Stevens para o valor de módulo 20. O valor médio obtido foi 1,2780 (desvio entre 1,31 e 1,24).

Figura 15. Medidas do expoente de Stevens para o valor de módulo 50. O valor obtido foi 1,3367 (desvio entre 1,33 e 1,35).

Figura 16. Medidas do expoente de Stevens para o valor de módulo 100. O valor obtido foi 1,2898 (desvio entre 1,22 e 1,36).

Figura 17. Medidas do expoente de Stevens para o valor de módulo 500. O valor obtido foi 1,40134 (desvio entre 1,08 e 1,75).

O P1 teve como objetivo avaliar o impacto do valor do módulo no julgamento. Observando a Tabela 5 com os dados resumidos, é possível perceber que, se não levarmos em consideração o valor de módulo 50 (que apresentou o menor desvio), aparentemente quanto maior o valor do módulo, maior o expoente e maior a variabilidade também, ou seja, os julgamentos realizados têm sua precisão reduzida com valores de módulos maiores.

Tabela 5 - Valores resumidos retirados dos gráficos do P1 mostrados anteriormente e o R^2 .

VALOR DO MÓDULO	EXPOENTE E DP	R^2
20	1,2780±0,0309	0,9718
50	1,3367±0,0113	0,9858
100	1,2898±0,0716	0,9965
500	1,4013±0,3317	0,9904

É interessante observar que apesar do módulo 20 ter apresentado o menor expoente (1,2780), o módulo 50 apresentou a menor variabilidade entre os sujeitos (dp = 0,0113), o que sugere ser esse um valor no qual os sujeitos fazem julgamentos com um grau mais preciso, explicado pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9858$).

6.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 1

Como descrito na Metodologia, o Protocolo 1 (P1) buscou investigar a influência do valor do módulo em quatro diferentes condições. Em cada uma delas os sujeitos eram requeridos a realizar os julgamentos usando os valores escolhidos arbitrariamente: 20, 50, 100 e 500.

Esses dados são coerentes com as descrições de Poulton (1968) em seu artigo teórico: *The new psychophysics: six models for magnitude estimation*, no qual analisou seis modelos pictóricos que descrevem os efeitos das escolhas dos valores e números das variáveis independentes sobre os resultados de estudos com EM.

Em se tratando de valor de módulo, ele descreve que ampliando o valor do módulo, se aumenta a quantidade de números possíveis que os participantes têm para usar nas estimativas, e, portanto aumenta a inclinação da reta. Ao diminuir esse valor, se reduzem os números que são possíveis de se usar, e assim, diminuindo a inclinação.

A Figura 18 mostra exatamente esse princípio por ele investigado. A abscissa representa a magnitude física do estímulo, enquanto a ordenada a

magnitude subjetiva. Quanto maior o valor do módulo (A), maior a inclinação da reta, e quanto menor esse valor (B), tanto menor a inclinação.

Figura 18. Modelo teórico que mostra a influência da escolha dos valores do módulo sobre a função obtida por estimativa de magnitude. (A) indica a reta com um valor de módulo alto. (B) indica uma reta com valor de módulo baixo. (C) refere-se ao valor físico do estímulo padrão. Adaptada de Poulton (1968, p. 3).

Estudos similares foram realizados na tentativa de avaliar o efeito do tamanho do módulo para os expoentes, apresentando resultados controversos. Dois deles são importantes de serem citados e discutidos comparando-os com os resultados encontrados nesse piloto.

Poulton e Simmonds (1963) talvez foram os primeiros pesquisadores a investigar o efeito do tamanho do módulo nos expoentes das estimativas de magnitude de observadores sem experiência. Nesse trabalho realizado com 1.200 observadores subdivididos em vários grupos, os resultados apontaram que ao expandir o tamanho do módulo por um fator de 100 (p. ex. de 10 pra 1.000), aumentava-se também a inclinação das retas em um gráfico normal de linhas conectadas com as médias do estímulo padrão de um grupo de 50 observadores. Porém, ao reduzir o valor do módulo por um fator de 10 (p. ex. de 10 pra 1) também

aumentaram a inclinação das retas. Eles concluíram então, que para observadores sem prática, a escolha de um número para o estímulo padrão não é tão crítico quanto aparenta ser com observadores com prática, que fazem outros tipos de associação quando realizam julgamentos.

Como descrevem Bolanowski e Gescheider (1991) nos experimentos iniciais de Stevens usando escalonamento (Stevens, 1953, 1955b), a unidade do padrão era definida pelo sujeito atribuindo um número como resultado da magnitude da sensação de um dado estímulo. O sujeito era então pedido para atribuir números às sensações seguintes em proporção direta às suas magnitudes. Entretanto, não funcionava muito bem, pois nos resultados, a inclinação das funções dependia do tamanho da unidade escolhida.

Nesse sentido, Hellman e Zwislock (1961) também pesquisaram o efeito do tamanho do módulo em experimentos de EM, porém empregando estímulos sonoros. O estímulo padrão de 40 dB tinha valores atribuídos de 0,1; 1; 10 e 100, e uma série de tons mais altos e mais baixos eram apresentados para serem comparados. Para tons inferiores ao padrão, o módulo produziu uma menor inclinação quando seu valor foi 0,1 em um gráfico log-log, enquanto para tons superiores ao padrão, o módulo produziu uma reta menos inclinada quando os valores eram em torno de 10 ou 100.

Esse último estudo também se alinha tanto com o modelo apresentado por Poulton (1968) e apresentado na Figura 18, quanto com os resultados encontrados em nosso estudo no P1.

7 RESULTADOS PROTOCOLO 2

Assim como relatado na discussão do P1, as Figuras 19, 20, 21, 22 e 23 expressam as médias e variabilidade para cada uma das cinco condições pesquisadas do P2.

Figura 19. Medidas do expoente de Stevens para a intensidade de 8cd/m². O valor obtido foi 1,2607 (desvio entre 1,12 e 1,37).

Figura 20. Medidas do expoente de Stevens para a intensidade de 13 cd/m². O valor obtido foi 1,1580 (desvio entre 1,11 e 1,21).

Figura 21. Medidas do expoente de Stevens para a intensidade de 17 cd/m². O valor obtido foi 1,2449 (desvio entre 1,25 e 1,24).

Figura 22. Medidas do expoente de Stevens para a intensidade de 39 cd/m². O valor obtido foi 1,1950 (desvio entre 1,66 e 1,23).

Figura 23. Medidas do expoente de Stevens para a intensidade de 151 cd/m². O valor obtido foi 1,1150 (desvio entre 0,94 e 1,29).

O Contraste de Weber foi utilizado, pois se trata de uma das estatísticas mais antigas de contraste de luminância e é geralmente utilizada para padrões com estímulos em um plano de fundo uniforme (Li, Wu, & Ye, 2014).

Tabela 6 - Valores resumidos retirados dos gráficos do P2, valor do Contraste de Weber e R².

INTENSIDADE DOS CÍRCULOS	CONTRASTE DE WEBER	EXPOENTE E DP	R²
8cd/m²	3,5	1,2607±0,1083	0,9978
13cd/m²	4,6	1,1580±0,0487	0,9965
17 cd/m²	9,6	1,2449±0,0085	0,9902
39 cd/m²	17,1	1,1960±0,0301	0,9975
151 cd/m²	64,8	1,1150±0,1732	0,9964

Figura 24. Contraste de Weber para cada valor de luminância. A linha verde indica a média dos expoentes de Stevens. É possível perceber a diminuição do valor do expoente com o aumento da luminância e valor de contraste.

7.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 2

O Protocolo 2 (P2) teve como objetivo averiguar como cinco diferentes contrastes geram resultados diferentes na tarefa de EM. Os sujeitos julgaram 11 círculo sem cada uma das cinco condições de luminância 8, 13, 17, 39 e 151cd/m², valores esses escolhidos arbitrariamente.

Nesse protocolo foi possível avaliar as mudanças dos expoentes com o aumento da intensidade luminosa da visão mesópica alta (8 cd/m²) para condições de visão fotópica (Schwartz, 2010).

Observando as Figuras 19, 20, 21, 22 e 23 do P2, percebe-se que a tendência das inclinações é contrária ao P1. Ele vai diminuindo à medida que a luminância dos círculos aumenta. Quanto mais o expoente se aproxima do valor 1, melhor o julgamento feito do estímulo percebido. Além da luminância, se tem também o efeito do contraste. Com o valor de pedestal do plano de fundo da tela do monitor variando entre 1,95 e 2,57 cd/m² (ver tópico 5.7.2 Protocolo 2), os contrastes

aumentavam com o aumento da luminância dos círculos, como era de se esperar. Os valores do Contraste de Weber foram calculados e são apresentados na Tabela 6 que também resume os valores das figuras apresentadas.

Esse aumento da precisão do julgamento pode ter a ver uma vez que os círculos a partir de 13 cd/m² se encontram em condições de alta luminância, empregando nossa visão fotópica que funciona fisiologicamente para altos níveis de luminosidade, como afirma Mueller (1966).

Na Figura 24 percebe-se que o valor do expoente de Stevens diminui ao passo que a luminância e o contraste aumentaram. A realização de um Teste T pareado apontou uma tendência para diferença estatística entre as condições de luminância 8 e 151 cd/m² ($t(19) = 1,79$; $p < 0,08$) e significância entre 13 e 39 cd/m² ($t(19) = -2,85$; $p < 0,01$).

Como destaca Schwartz (2010), a habilidade de discriminar detalhes é substancialmente superior no sistema fotópico. A acuidade visual fotópica está em torno de 20/20, de modo que a sensibilidade ao contraste é maior sob condições fotópicas.

A habilidade do homem e outros animais perceberem os detalhes dos objetos ou de uma cena visual é determinada basicamente pela capacidade de seus sistemas visuais em distinguir contraste, isto é, diferenças de luminâncias de áreas adjacentes (Campbell & Maffei, 1974). Utilizando o P2 como exemplo, temos dois círculos dispostos em um fundo preto uniforme, afinal o contraste quantifica a diferença relativa em luminância entre os círculos e o plano de fundo.

De forma mais precisa, Owsley (2003) caracteriza que o contraste espacial é uma dimensão física que se refere à transição claro-escuro de uma borda ou contorno de uma imagem que delinea a existência de um padrão ou um objeto.

Tendo em vista esses aspectos, a partir desses resultados, pode-se inferir que a percepção dos sujeitos avaliados se torna mais precisa ao passo que a luminância se aproxima mais da visão fotópica, como também depende de altos valores de contraste. Nesse sentido, a tendência é a diminuição do expoente - de 1,2607 para 1,1150 -, indicando um melhor julgamento do tamanho de círculos a 151 cd/m² do que a 8 cd/m², e contraste de Weber ≥ 64.8 .

A sensibilidade ao contraste é a recíproca do contraste necessário para uma pessoa ver determinado objeto, e Santos e Bustamante (2001) apontam que a

função de sensibilidade ao contraste está intimamente relacionada a aspectos críticos da percepção visual da forma e de detalhes ou resolução espacial.

Além de patologias como glaucoma, miopia, catarata e ambliopia, Pelli e Bex (2013) exemplificam que a sensibilidade ao contraste também pode estar comprometida em disfunções neurológicas, incluindo lesões cerebrais, Esclerose Múltipla, Doença de Parkinson e Esquizofrenia, também podendo ser um dos efeitos colaterais comuns de muitos fármacos.

Partindo desses dados, o P2 começará a ser aplicado em pacientes atendidos no Departamento de Psiquiatria e Psicologia do Hospital Universitário da USP, na tentativa de gerar resultados que permitam o uso desse programa como instrumento de *screening* ou auxílio para o diagnóstico médico de psicopatologias, incluindo Ansiedade e Depressão.

8 RESULTADOS PROTOCOLO 3

No P3, manipulamos a variável plano de fundo para investigar se a percepção dos observadores para o julgamento de tamanho se mantinha estável ou inconstante em alguma das situações alteradas. Os gráficos log-log com os resultados do P3 são exibidos nas Figuras 25, 26, 27 e 28.

Figura 25. Medidas do expoente de Stevens para o plano de fundo preto sólido. O valor obtido foi 1,3092 (desvio entre 1,26 e 1,36).

Figura 26. Medidas do expoente de Stevens para o plano de fundo com linhas verticais. O valor obtido foi 1,40328 (desvio entre 1,27 e 1,50).

Figura 27. Medidas do expoente de Stevens para o plano de fundo com linhas radiais. O valor obtido foi 1,3509 (desvio entre 1,29 e 1,41).

Figura 28. Medidas do expoente de Stevens para o plano de fundo com linhas horizontais. O valor obtido foi 1,3216 (desvio entre 1,29 e 1,35).

Tabela 7 - Valores resumidos retirados dos gráficos do P3 mostrados anteriormente e o R^2 .

PLANO DE FUNDO	EXPOENTE E DP	R^2
SEM LINHAS	1,3092±0,0476	0,9935
LINHAS VERTICAIS	1,40328±0,0669	0,9930
LINHAS RADIAIS	1,3509±0,0638	0,9940
LINHAS HORIZONTAIS	1,3216±0,0333	0,9985

8.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 3

As explicações de como as ilusões visuais geralmente dependem da evocação de algum mecanismo de julgamento cognitivo são antigas. Como alegam Girgus e Coren (1982), talvez a primeira explicação foi oferecida por Helmholtz, que estabeleceu como um princípio geral que as diferenças sensoriais percebidas claramente tendem a ser exageradas. Isso sugeriu a ele que uma variedade de diferentes tipos de contrastes cognitivos poderia existir, incluindo contraste de tamanho, contraste de direção e até contraste de forma.

Qualquer teoria, para ser influente, deve ser consistente com os fatos da percepção correta, mas também deve ser capaz de prever as falhas no sistema perceptual. Os estudos passados com ilusões foram em sua maioria conduzidos por psicólogos que tentaram gerar ideias sobre os princípios da percepção alterando cuidadosamente os estímulos e testando as mudanças no desempenho visual (Fermüller & Malm, 2004).

Graham (1965) define que as ilusões são figuras que fornecem uma base para um tipo de discriminação (ou estimação) que não é consistente com outras discriminações, especialmente as discriminações das medidas dos objetivos físicos.

O Protocolo 3 (P3) investigou a influência de diferentes plano de fundos na tarefa de julgar o tamanho de círculos. Foram utilizados três planos de fundo diferentes, além do preto padrão para provocar a ilusão de profundidade.

Apesar dos expoentes semelhantes, o Teste T apontou uma tendência para diferença estatística entre as médias das situações sem linhas e linhas verticais $t(18) = -1,99$; $p < 0,62$, e significância entre as situações com linhas verticais e linhas radiais $t(18) = 2,21$; $p < 0,04$ e linhas verticais e horizontais $t(18) = 2,59$; $p < 0,01$.

Sobre as ilusões visuais, DeLucia e Hochberg (1991) tornam relevante o fato de que elas são frequentemente consideradas como ferramentas para testar teorias perceptuais, e inicialmente foram produzidas para ocorrer somente em casos de estimulação artificial e, portanto seriam irrelevantes para a compreensão sobre a percepção humana em geral.

No século passado Gibson (1950) já escrevia sobre os estudos sobre o mundo visual e a percepção humana, e como bem observa Knill (1998), ele foi quem

primeiro analisou gradientes de textura, com a proposta de que padrões ópticos de textura podiam fornecer pistas intensas para a forma e orientação de uma superfície.

A despeito de utilizarem uma metodologia diferente do aqui descrita e desenvolvida, Cumming, Johnston e Parker (1993) analisaram os efeitos de diferentes texturas em superfícies curvadas e encontraram quem o julgamento de forma pode ser modificado pela adição de texturas como pistas.

Também se esperava que o resultado desse protocolo revelasse um expoente mais próximo de 1 quando essas pistas fossem inseridas, entretanto, observa-se que o expoente aumentou ao introduzir diferentes planos de fundo, como resumido na Tabela 7.

Em outro experimento com ilusões de óptica, Aglioti, DeSouza e Goodale (1995) usaram uma variação da familiar Ilusão de Círculos de Titchener (Titchener, 1901) (Figura 29) na qual dois círculos alvos (no centro) de tamanhos iguais, cada um rodeado por outros círculos (maiores e menores), são apresentados lado a lado.

Figura 29. Ilusão dos círculos de Titchener. (a) A versão padrão da ilusão (Titchener, 1901, p. 169). Os círculos no centro dos dois arranjos aparentam ter tamanhos diferentes ainda que eles sejam fisicamente idênticos. Para a maioria das pessoas, o

círculo rodeado por círculos menores parece ser maior do que o rodeado por círculos maiores. (b) Nessa versão desenvolvida pelos autores, o círculo no centro do arranjo de círculos maiores foi alterado fisicamente para ser maior do que aquele rodeado pelos círculos menores. Perceptualmente, a partir daí os dois círculos no centro deveriam aparentar tamanhos iguais. Retirado de Aglioti et al., (1995, p. 680).

Nesse teste, duas fichas de pôquer foram usadas como círculos alvo. O tamanho relativo dos dois círculos foi randomizado variando de modo a aparentarem uma diferença perceptual, mas eram fisicamente equivalentes em tamanho, e nas outras tentativas eles eram fisicamente diferentes, mas aparentavam ser perceptualmente iguais. Os resultados do julgamento perceptual feito por 14 sujeitos revelaram terem sido fortemente afetados por essa ilusão de tamanho de contraste criada pelos pesquisadores.

Como revelado, ilusões são situações nas quais um percepto difere do estímulo físico gerado de uma forma significativa levando ainda a um processamento e compreensão errada. Westheimer (2008) defende que além de servirem como aviso de desconfiança para os nossos sentidos, seu interesse científico jaz na ideia delas permitirem que a percepção seja gerada, de alguma forma, pelos sinais sensoriais desses processos.

A partir de agora, tentamos descobrir quais fatores podem ter influenciado na superestimação dos julgamentos de tamanho com os diferentes planos de fundo. Apesar de não se tratar de um julgamento de profundidade, Livingstone e Hubel (1988) relembram que a perspectiva é bem conhecida dos artistas desde os tempos da Renascença e é um poderoso indicador de profundidade. Linhas convergentes ou gradientes de textura são automaticamente interpretados pelo SVH como indicativo de aumento da distância de um objeto do observador. Esses foram os estímulos (linhas) usados para provocar três diferentes ilusões de profundidade (para mais detalhes ver tópico 5.7.3).

Vernon (1970) faz uma dura crítica ao pontuar que o experimento de laboratório talvez tenha tido tendência a isolar e acentuar excessivamente tais processos perceptivos mais simples, e por vezes deixou de considerar os processos mais complexos que normalmente determinam a compreensão do ambiente e a resposta humana a ele. Entretanto, como serão discutidos posteriormente,

levaremos em conta outros fatores na busca dessa explicação além de aspectos básicos da percepção.

Gibson (1950) propôs pelo menos doze diferentes tipos de pistas que influenciavam a percepção de distância; dentre elas a perspectiva linear, o tamanho aparente dos objetos, a sobreposição de objetos, o contorno, as mudanças de cor, o grau de angulação do objeto, etc., e como ressalta Jacobs (2002), o ambiente visual é rico em fontes de informação. Esse montante de informações impõe um problema para o SVH de como os observadores sabem quando cada pista visual fornece uma informação confiável ou não em um determinado contexto visual. Segundo ele, determinar a confiabilidade relativa das pistas visuais disponíveis pode ser difícil por várias razões, principalmente porque todas as pistas visuais são ambíguas.

Ele usa como exemplo as pistas de profundidade, que devem ser consistentes com uma faixa de valores de profundidade, algumas vezes poucos e outras vezes muitos valores. Além disso, a confiabilidade das pistas visuais pode ser sensível ao contexto. No caso de pistas binoculares, elas tendem a ser confiáveis quando se vê objetos próximos, mas não quando os objetos estão distantes.

A partir daí, é possível inferir uma primeira explicação para os resultados encontrados. Talvez os gradientes utilizados não apresentassem uma consistência que fosse possível ser analisada pelos sujeitos e avaliada perceptualmente de forma adequada para uma estimativa mais precisa de tamanho dos círculos. Pois como proposto acima, para integrar a informação fornecida por múltiplas fontes de uma forma eficiente, os observadores devem avaliar o grau em que cada dica fornece uma informação válida ou uma informação falsa.

Young, Landy e Maloney (1993) resumem de forma simples como ocorre a integração sensorial dessas dicas. As pistas de profundidade criadas são combinadas com uma ponderação média pelo SVH. Se o peso⁴ sensorial dessa pista é escolhido corretamente, o resultado da estimativa de profundidade provavelmente será muito melhor do que qualquer outro julgamento individual de profundidade, e não pior. O peso atribuído à estimativa é derivado de um tipo de pista particular que deve refletir a validade daquele tipo de pista na cena. Eles demonstraram em experimento que julgamentos de profundidade combinando pistas de textura e movimento são uma combinação linear com pesos que podem

⁴ Os autores utilizam o substantivo *weight*, aqui traduzido como peso.

depender da disponibilidade da informação relevante na cena, e sugerem que há mudança dos pesos com mudanças na confiabilidade de diferentes tipos pistas: pistas não confiáveis têm o peso reduzido em favor das pistas avaliadas como confiáveis, alterando assim, a percepção gerada pelos estímulos.

O estudo de Brenner e van Damme (1999) investigou de forma eficiente a influência de informações no julgamento de distância, tamanho e forma. De modo a avaliar quão independentes esses três julgamentos são eles examinaram como adicionando uma informação que melhore um julgamento pode ter influência nos outros. Se distância, forma e tamanho são julgados independentemente da retina e de informações extra-retina, por outro lado, diferentes tipos de informação podem ser esperadas para dominar cada tipo de julgamento, então erros em um tipo de julgamento necessariamente não deveriam ser consistentes com erros em outros julgamentos. A tarefa dos sujeitos era ajustar o tamanho de uma bola de tênis em um computador. Inserindo pistas sobre distância houve melhora nos três julgamentos de uma maneira consistente, demonstrando que uma considerável parte dos erros nos três julgamentos foram devido à estimativa errada de distância. Adicionando informação sobre forma que é independente da distância, aumentou o julgamento dos sujeitos para forma, mas não influenciou no tamanho ou na distância indicada. Consequentemente, os sujeitos ignoraram conflitos entre as pistas quando estimavam forma, mais do que usavam os conflitos para melhorar os seus julgamentos. Eles concluíram que os julgamentos são um tanto quanto independentes, no sentido de que nenhuma tentativa é feita para atingir consistência, mas eles de fato eles dependem de algumas medidas em comum, como a de distância.

Reverendo Gibson (1950), é possível começar a supor outras explicações para os resultados encontrados até então. Como ele abordou em *The Perception of the Visual World*, em algum momento todos já observamos na perspectiva linear o fato de que bordas equidistantes de estruturas arquitetônicas aparentam ficar mais próximas, de certa forma, enquanto elas aumentam de distância. Quando olhamos para uma estrada ou os trilhos de um trem esse efeito é mais evidente do que quando olhamos para um prédio ou observamos o interior de uma sala, se tornando menos óbvio e mais difícil perceber. Entretanto, mesmo no caso dos trilhos, dois observadores podem diferir ao descrever o que eles vêem. Um pode reportar que as

linhas paralelas definitivamente convergem ao passo que avançam em direção ao horizonte, e o outro pode insistir de que os trilhos não convergem, mas que possuem uma distância visivelmente perceptível. Cada cena é perfeitamente clara para o observador, porém eles são contraditórios entre si.

Todavia esse fato não é a prova definitiva de que cada observador cria a cena visual à sua própria maneira, sugere apenas que pode haver duas maneiras de ver. Quiçá os dois observadores estejam corretos, mas estejam simplesmente fazendo o uso do verbo “ver” com significados diferentes. Ou seja, o observador que relatou os trilhos como continuamente equidistantes estava consciente do ambiente como uma cena euclidiana, não como uma cena em perspectiva. Ele a viu como um engenheiro locomotivo, não como um pintor.

As divergências na interpretação e execução da tarefa entre os sujeitos pode ter sido mais um dos fatores que contribuiu com esses resultados. A variabilidade entre as habilidades prévias dos observadores e o entendimento do que e de como deveriam ser julgados os círculos desponta como outra justificativa cuja explicação o próprio Gibson (1966) em sua teoria final nos fornece. Ele acentuava a estreita correspondência entre o que é percebido e os dados sensoriais “invariantes” ligados a algumas propriedades físicas de objetos e seu ambiente espacial. No entanto, embora reduzisse a um mínimo de funções com relação à percepção de lembranças e ideias, ele acentuou a importância da aprendizagem para o emprego dos dados sensoriais, de tal forma que fosse mais eficiente para o aperfeiçoamento da discriminação.

Kjelldahl e Prime (1995) endossam que quando os humanos estimam profundidade, diferentes pistas são utilizadas. Na visão tridimensional, a articulação dessas pistas é usada para deduzir a relação entre os objetos. Pistas estáticas incluem tamanho, perspectiva e sombras. O tamanho é importante, pois segundo eles, aprendemos que coisas longes parecem ser menores. A perspectiva é utilizada pois a distância dos objetos aparece mais próxima do horizonte, ambos ressaltando novamente sobre como a aparência dos objetos é relativa em diferentes contextos e a importância do aprendizado prévio para a percepção.

Pode-se pensar que, mesmo com planos de fundo que induzissem a um grau de profundidade e/ou terceira dimensão, os sujeitos tentaram realizar as medidas de modo a não se deixar influenciar por essas pistas. Como salienta

Vernon (1970) parece haver um mecanismo visual de primeira ordem dos olhos ao córtex visual, constituído filogeneticamente de tal forma que medeiam a discriminação de aspectos da visão como brilho, cor, movimento e forma simples, independente de qualquer aprendizagem através da experiência. Apesar disso, a partir da infância, tais funções são cada vez mais subordinadas a processos cognitivos de ordem mais elevada. Portanto, a forma simples e a percepção do movimento são integradas e suplementadas por processos de identificação, classificação e codificação através da operação de esquemas perceptivos que, em grande parte, dependem de aprendizagem, memória, atenção, raciocínio e linguagem.

Neisser (1967) já argumentara que a informação raramente deriva apenas de percepções instantâneas que se apagam imediatamente na consciência; ao contrário, as impressões se prolongam pelo menos por um curto período na imagem primária da memória. Isso permite a continuidade em nossa percepção do ambiente e também facilita a utilização de lembranças de experiências anteriores e a aplicação de raciocínio e julgamento na avaliação de acontecimentos, antes de reagir ou decidir como agir. Tais processos são muito evidentes na codificação de estímulos únicos e na classificação de acontecimentos isolados. A experiência e o conhecimento participam principalmente das inferências que comumente fazemos a respeito da natureza de objetos e acontecimentos.

Sobre esse aspecto, Vernon (1970) reconsidera que ao fazer avaliações de tamanho e forma em medidas de constância, é difícil avaliar o que realmente foi em primeiro lugar percebido pelos observadores, pois é quase certo que utilizaram a memória e julgamento ao processar tais perceptos a fim de chegar ao tipo de avaliação que é requerido nos experimentos.

Ela ainda sugere que a percepção de constância pode ser influenciada por conhecimento do tamanho objetivo do objeto, sobretudo quando o ambiente está oculto, e são fracas as indicações de distância. Ou seja, na realidade, em algumas condições o tamanho percebido é determinado, em grande parte, por aquilo que o observador supõe, a partir de um conhecimento anterior, que é o tamanho objetivo.

A literatura desses dois últimos autores vai ao encontro da suposição de que o fato das quatro situações experimentais (plano de fundo sem linhas, linhas verticais, horizontais e radiais) terem sido julgadas uma após a outra em um curto

intervalo de tempo pelos sujeitos tenha gerado esses valores inesperados. Assim, funções superiores como memória e atenção podem ter interferido no julgamento, pois apesar de serem instruídos a realizar uma estimativa com a percepção imediata, em muitas situações as decisões finais podem ter sido complementadas por esses fatores acima descritos.

9 RESULTADOS PROTOCOLO 4

É importante salientar que diferente dos outros protocolos, no P4 foram avaliadas exclusivamente pessoas destros usando um oclisor no olho direito.

Os resultados apresentados a seguir, as Figuras 30 e 31 referem-se à média do grupo sem a separação por sexos. É importante lembrar que as notações utilizadas nos gráficos e tabelas se referem ao lado em que os estímulos apareciam na tela, ou seja, estímulos do lado direito (LD) ativam o hemisfério esquerdo (HE), enquanto estímulos do lado esquerdo (LE) atingem o hemisfério direito (HD).

Figura 30. Medidas do expoente de Stevens para estímulos do lado direito para os 20 sujeitos. O valor obtido foi 1,3123 (desvio entre 1,19 e 1,43).

Figura 31. Medidas do expoente de Stevens para estímulos do lado esquerdo para os 20 sujeitos. O valor obtido foi 1,2837 (desvio entre 1,15 e 1,44).

A Tabela 8 resume os valores dos gráficos apresentados acima e permite levantar uma discussão sobre os dados encontrados na população geral total de 20 sujeitos.

Tabela 8 - Valores resumidos retirados dos gráficos do P4 mostrados anteriormente e o R^2 .

LADO DO ESTÍMULO	EXPOENTE E DP (GERAL)	R^2 (GERAL)
DIREITO	1,3123±0,1220	0,9597
ESQUERDO	1,2837+0,1297/-0,1571	0,9389

A Tabela 9 apresenta os valores encontrados em cada sexo.

Tabela 9 - Valores resumidos dos expoentes de Stevens, desvios padrão e R^2 para as populações masculina (N=10) e feminina (N=10).

LADO DO ESTÍMULO	EXPOENTE E DP (MASCULINO)	R^2	EXPOENTE E DP (FEMININO)	R^2
DIREITO	1,2488±0,1339	0,9475	1,3758±0,0837	0,9604
ESQUERDO	1,2639+0,0466/-0,1769	0,9386	1,3036+0,2016/-0,1372	0,9299

9.1 DISCUSSÃO PROTOCOLO 4

A ideia de que os dois hemisférios do cérebro humano diferem em suas funções psicológicas tem sido tema central das Neurociências por muitos anos. Embora essa concepção possa ser atribuída historicamente aos gregos, apenas a partir das observações clínicas de Broca (1861, 1863) fornecendo a primeira evidência de uma diferenciação funcional entre as duas metades do cérebro humano, e posteriormente Wernicke (1874), no século XIX que o esforço para o entendimento das assimetrias cerebrais realmente assumiu sua importância no estudo das funções cerebrais (Corballis, 2003).

Existe uma considerável discordância na literatura existente acerca de qual hemisfério cerebral controla habilidades espaciais segundo Vogel, Bowers e Vogel (2003). Na tentativa de resolver essa disputa, esses autores conduziram uma

meta análise para decifrar qual hemisfério realmente domina sobre quais circunstâncias. Em linhas gerais, foi encontrado que entre pessoas e situações, o HD é mais dominante para o processamento espacial.

Como aponta o próprio Gazzaniga (1995), os princípios da organização e lateralização do cérebro humano derivam dos resultados de estudos feitos com pessoas cujos cérebros passaram por calosotomia (procedimento cirúrgico para separação do corpo caloso). Ao revisar a literatura, percebe-se que grande parte dos estudos que investigam aspectos visuo-espaciais em assimetria hemisférica utilizam como sujeitos pacientes nessas condições (Bogen & Gazzaniga, 1965; Corballis, 2003; Corballis, Funnell, & Gazzaniga, 1999, 2002; Ledoux, Wilson, & Gazzaniga, 1977; Sperry, 1982) ou pacientes com lesões cerebrais unilaterais (Hannay, Varney, & Benton, 1976).

Por esse motivo, o Protocolo 4 (P4) foi desenvolvido justamente para investigar assimetrias hemisféricas no julgamento espacial utilizando o método da EM, procurando diferenciar os resultados de julgamentos espaciais entre a população feminina e masculina que não apresentavam a condição dos experimentos acima mencionados, ou seja, uma população de sujeitos típicos.

Como descrito na metodologia (Capítulo 5), os participantes colocaram um oclutor sobre o olho direito e fizeram o julgamento do círculo que se encontrava na faixa inferior da tela com base no círculo da faixa superior. A necessidade de vender um dos olhos é explanada por Gilbert (2013) ao descrever o início do processamento visual que se dá na retina dupla. Os axônios das células ganglionares das retinas direita e esquerda formam o nervo óptico que se estendem em duas linhas médias que se cruzam em um ponto: o quiasma óptico. Após o quiasma, fibras vindas das hemiretinas temporais prosseguem para o hemisfério ipsilateral e as fibras das hemiretinas nasais atravessam para hemisfério contralateral. Devido à hemiterina temporal de um olho ver a mesma metade do campo visual (hemicampo) assim como a hemiterina nasal do outro, a decussação parcial das fibras no quiasma garante que toda a informação de cada hemicampo seja processada no córtex visual do hemisfério contralateral, como demonstrado na Figura 32.

Figura 32. Representação do sistema de projeção do campo visual ao longo da via visual em humanos. A informação de cada metade do campo visual é projetada diretamente para o córtex visual do hemisfério contralateral. Adaptado de Hellige (2001, p. 11).

Em linhas gerais, o expoente geral para o HD foi menor (1,2837) do que o do HE (1,3123), porém com desvio padrão relativamente maior, +0,1297/-0,1571 e 0,1220, respectivamente. Ou seja, existe uma certa vantagem do HD no julgamento de tamanho de círculos sobre o HE, como esperado, além do estímulo do lado esquerdo ativar o HD com uma variabilidade um pouco maior do que o estímulo do lado direito ativa o HE.

Apesar de não existirem estudos em EM sobre assimetria hemisférica, Corballis *et al.* (2002) chamam a atenção para o fato de que enquanto é comumente compreendido que o HD é especializado no processamento visuo-espacial, o escopo e a natureza dessa especialização permanecem de alguma forma mal definidos. Contudo, como será apresentado seguir, existem indicadores da existência de diferença entre o desempenho do HD e HE para tarefas de julgamento espacial.

Na década de 1970, Nebes (1973) realizou uma pesquisa sobre percepção espacial em pacientes calosomizados para averiguar as relações entre os hemisférios. Ele utilizou quadrados formados por fileiras e colunas de pontos que eram apresentados na metade direita e esquerda do campo visual humano dos

participantes, que sinalizavam a orientação das linhas de pontos por meio de movimentos manuais (Figura 33). Todos os pacientes foram significativamente mais precisos quando os pontos apareciam do lado esquerdo do que do lado direito, sugerindo que o HD é mais competente do que o HE para perceber a configuração de estímulos relacionados à organização espacial.

Figura 33. Arranjo de estímulos utilizados no estudo de Nebes (1973). Tratavam-se de quatro quadrados compostos de círculos ordenados em um padrão regular formando linhas paralelas em diferentes orientações.

Já que esses indivíduos possuíamos dois hemisférios essencialmente intactos e funcionais, porém desconectados, foi possível comparar diretamente os desempenhos independentes do HD e HE de uma única pessoa exatamente na mesma tarefa apenas restringindo o estímulo visual para cada hemisfério. Nos achados, ficou evidente que todos os três sujeitos foram bem melhores com os pontos apresentados no seu campo visual esquerdo do que quando exibidos no direito (Nebes, 1973).

Nossos resultados estão em parte de acordo com o que se esperava ao analisar a literatura já descrita. Os achados dos quatro experimentos relatados por Corballis *et al.* (2002) confirmam a hipótese de assimetria hemisférica em tarefas visuais que requerem discriminação espacial, apontando vantagens no HD para tarefas de discriminação de tamanho.

Nesse estudo (Figura 34), os autores compararam o desempenho de indivíduos com os cérebros divididos por calosotomia em quatro atividades simples de pareamento visual. Essas tarefas eram (1) discriminação de orientação, (2) detecção de quebras de vernier, (3) discriminação de tamanho, e (4) discriminação de luminância. Em cada tarefa dois estímulos foram apresentados brevemente em cada hemisfério visual e o paciente era requisitado a discriminar se os estímulos eram iguais ou diferentes.

Figura 34. Exemplos dos estímulos usados nos quatro experimentos descritos acima. (A) Experimento 1: Discriminação de orientação. (B) Experimento 2: Detecção de quebras de vernier. (C) Experimento 3: Discriminação de tamanho. (D) Experimento 4: Discriminação de Luminância. Adaptado de Corballis *et al.*, (2002, p. 403).

Os resultados das três primeiras tarefas de discriminação (orientação, vernier e tamanho), todas de natureza espacial, tiveram um melhor desempenho registrado pelo HD em comparação ao HE. Já a tarefa de discriminação de luminância, que não se refere a uma habilidade espacial, foi desempenhada de forma equivalente pelos dois hemisférios. Ou seja, esse experimento sugere que discriminação de tamanho, assim como outras tarefas relacionadas a habilidades espaciais, são provavelmente melhores desempenhadas pelo HD do que pelo HE (Corballis *et al.*, 2002).

Analisando os dados gerados pelos 20 sujeitos do nosso estudo utilizando EM, pode-se concluir também que também existe na população geral avaliada uma leve vantagem do HD sobre o HE para a tarefa de discriminação de tamanho de círculos.

Quando se separa o grupo geral em feminino e masculino, outros aspectos aparecem. Ao observar o cotidiano e associá-lo às evidências suficientes que os estudos fornecem, é notável que homens e mulheres diferem em estratégias e habilidades usadas para desempenhar diversas tarefas, sejam elas de qual natureza forem.

Enquanto tipicamente os homens se sobressaem em testes de raciocínio matemático e habilidades espaciais (especialmente tarefas de rotação tridimensionais), orientação em um mapa, sentimento de direção, tarefas de construção ou jogar xadrez, as mulheres se sobressaem em medidas de fluência verbal, precisão e velocidade perceptual, memória verbal, percepção emocional e outros domínios linguísticos (Grabowska, Herman, Nowicka, Szatkowska, & Szelag, 1994).

Como se pensa que as funções envolvidas na execução desse tipo de teste são características de processamento do HD ou HE, tem-se proposto que o sexo está relacionado às diferenças nas funções cognitivas que resultam de uma lateralização diferente das funções em mulheres e homens.

Uma das teorias mais populares sobre as diferenças cognitivas entre os sexos relaciona ao sexo as diferenças na especialização e lateralização hemisférica. De acordo com teorias semelhantes, sugere-se que a baixa habilidade espacial nas mulheres é resultado também da representação bilateral da linguagem (McGlone, 1980; McGlone & Davidson, 1973), que interfere ontogeneticamente no desenvolvimento dos circuitos neurais necessários para o desenvolvimento de habilidades espaciais (Harris, 1978), ou também resulta da representação bilateral da habilidade espacial, que é menos eficiente do que a representação unilateral como sugerem Levy e Reid (1978).

No caso do grupo masculino, o resultado é o oposto do que se esperava quando se considera o volume bibliográfico publicado sobre o assunto. A média dos expoentes para o HD foi maior (1,2639) do que para o HE (1,2488), aparentemente o HE foi capaz de julgar melhor tamanho do que o HD, quando deveria ser o

contrário. Em contrapartida, o grupo feminino apresentou grande diferença no julgamento inter hemisférico, com uma significativa vantagem do HD (1,3036) sobre o HE (1,3758).

Um aspecto importante de se destacar é que mesmo não havendo essa diferença no grupo masculino, o expoente para tal sexo foi diferencialmente inferior ao feminino, sugerido que ainda que não haja uma superioridade do HD, os homens (ao menos nesse estudo) conseguem realizar julgamentos de tamanho de círculos com mais precisão do que as mulheres.

A realização do Teste T não revelou diferenças significativas entre os valores. Portanto, é preciso salientar que esses resultados podem ser um indicativo de que o método escolhido para avaliar diferenças hemisféricas não as evidencia tanto quanto o esperado. A necessidade de olhar para uma cruz branca no centro da tela durante o tempo de execução da tarefa foi queixa de muitos dos participantes, podendo ter sido uma possível causa de viés nos resultados. Além dessa variável, o uso oclutor também foi apontado como um “incômodo” durante o período de realização da tarefa.

Independente de encontrar uma diferença na qual as mulheres apresentam uma variação maior no julgamento indicando ser o HD mais preciso, seus expoentes ainda indicam um julgamento inferior ao do grupo masculino (ver Tabela 9). Embora aparente não ser tão relevante, de acordo com Crucian e Berenbaum (1998), existem diferenças entre os sexos nas habilidades cognitivas.

Mesmo com todas as publicações revistas que indicam os homens superando as mulheres em tarefas espaciais, alguns autores como Voyer, Voyer e Bryden (1995) concordam que essa diferença depende do tipo de teste usado e da metodologia. Em um primeiro estudo propondo uma abordagem funcional para explicar a lateralização entre os sexos para habilidades espaciais, estudiosos (Rilea, Roskos-Ewoldsen, & Boles, 2004) propuseram que existem teorias de organização hemisféricas que consideram a habilidade espacial como um constructo unitário, que não pode ser explicado pelos diferentes padrões de desempenho de homens e mulheres nos diferentes tipos de tarefas espaciais. Eles sugeriram que existia uma interação entre hemisfério e o tipo de tarefa que levava às diferenças entre os sexos; tarefas que requerem uma grande dependência de processamento do HD poderiam levar a uma diferença maior entre os sexos, favorecendo os homens.

Ao rever esse estudo de 2004, Rilea, (2008), encontrou que os homens superam as mulheres em tarefas de rotação de polígonos, mas não em rotação de figuras humanas. Eles também demonstraram uma vantagem do HD na rotação de polígonos, enquanto as mulheres não mostraram diferença hemisférica para nenhum dos estímulos. Assim, aspectos como processamento hemisférico, complexidade da tarefa e tipo de estímulo podem influenciar o desempenho de homens e mulheres através de diferentes medidas espaciais.

Esse contraponto bibliográfico se faz necessário, pois ao avaliar os dados do P4, podemos questionar se de fato os dados foram enviesados ou a metodologia escolhida foi inadequada para o estudo da assimetria hemisférica entre homens e mulheres. Também é preciso estar consciente de que se trata do primeiro estudo utilizando EM para tal propósito, e talvez os resultados precisem de outras análises para ficar de acordo com os dados já publicados nos estudos supracitados.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo foi possível manipular diversas características do estímulo e perceber sua relação com o julgamento perceptual dos indivíduos. Como conclusões, nossos experimentos mostraram que:

1 – O valor do módulo influencia o julgamento, podendo gerar funções duplas, o que indica o uso de duas métricas internas;

2 – A luminância tem influência sobre o valor do expoente. Existe uma correlação negativa entre o aumento da luminância e do contraste, com a diminuição do valor do expoente;

3 – Pistas de profundidade nem sempre servem como parâmetros que melhoram o julgamento de tamanho;

4 – Existe uma assimetria hemisférica para tarefas de julgamento de tamanho de círculos evidenciada mais no sexo feminino do que no sexo masculino com predominância do hemisfério direito sobre o esquerdo, porém os homens ainda conseguem realizar julgamentos mais precisos do que as mulheres;

5 – É possível utilizar o Protocolo 2 em indivíduos com psicopatologias para investigação de diferenças da população normal. Os parâmetros utilizados serão aqueles cujos achados foram mais significativos: o valor do módulo 50 com variação da luminância dos círculos.

6 – Necessita-se de mais estudos e publicações usando a Psicofísica para investigar aspectos básicos da percepção humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aglioti, S., DeSouza, J. F. X., & Goodale, M. A. (1995). Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Current Biology*, 5(6), 679-685.
- Alliprandini, P. M. Z., & Da Silva, J. A. (2000). Funções Psicofísicas para Área Percebida, Inferida e Relembrada: O Efeito da Idade. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 13(3), 417-423.
- Alves, N. T., & Fukusima, S. S. (2005). Efeitos de instruções e do horizonte nos julgamentos de tamanhos relativos pictóricos. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 21(2), 157-162.
- Auld, M., Boyd, R., Moseley, L., & Johnston, L. (2011). Seeing the gaps: a systematic review of visual perception tools for children with hemiplegia. *Disability and Rehabilitation*, 33(19-20), 1854-1865.
- Bacci, A. C. L. (1992). *Percepção visual de distância para indivíduos portadores de deficiência mental através da psicofísica escalar*. (Bachelor), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Baird, J. C. (1997a). Complementarity Principle. In J. C. Baird (Ed.), *Sensation and Judgment: Complementarity Theory of Psychophysics* (pp. 1-9). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baird, J. C. (1997b). Context and Magnitude Estimation. In J. C. Baird (Ed.), *Sensation and Judgment: Complementarity Theory of Psychophysics* (pp. 179-196). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baird, J. C., Romer, D., & Stein, T. (1970). Test of a cognitive theory of psychophysics: Size discrimination. *Perceptual and Motor Skills*, 30, 495-501.
- Banaschewski, T., Ruppert, S., Tannock, R., Albrecht, B., Becker, A., Uebel, H., . . . Rothenberger, A. (2006). Colour perception in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(6), 568-572.
- Battista, J., Badcock, D. R., & McKendrick, A. M. (2010). Center-Surround Visual Motion Processing in Migraine. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(11), 6070-6076.
- Blaser, E., & Domini, F. (2002). The conjunction of feature and depth information. *Vision Research*, 42(3), 273-279.
- Bogen, J. E., & Gazzaniga, M. S. (1965). Cerebral Commissurotomy in Man: Minor Hemisphere Dominance for Certain Visuospatial Functions. *Journal of Neurosurgery*, 23(4), 394-399.

- Bolanowski, S. J., & Gescheider, G. A. (1991). *Ratio Scaling of Psychological Magintude: in honor of the memory of S. S. Stevens* (S. J. Bolanowski & G. A. Gescheider Eds.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brenner, E., & van Damme, W. J. M. (1999). Perceived distance, shape and size. *Vision Research*, 39(15), 975–986.
- Broca, P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé; suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bulletins de la Société d'Anatomie de Paris*, 36, 330–357.
- Broca, P. (1863). Localisation des fonctions cérébrales. Siège de la faculté du langage articulé (3 avril). *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris*, 4, 200-202.
- Bubl, E., Kern, E., Ebert, D., Bach, M., & van Elst, L. T. (2010). Seeing Gray When Feeling Blue? Depression Can Be Measured in the Eye of the Diseased. *Biological Psychiatry*, 68(2), 205-208.
- Campbell, F. W., & Maffei, L. (1974). Contrast and Spatial Frequency. *Scientific American*, 231(5), 106-114.
- Catania, A. C. (1999). *Aprendizagem: comportamento e cognição*. Porto Alegre: Artmed.
- Cecchele, F. P., Lopes, M. C. B., Nakanami, C. R., & Costa, M. F. (2014). Object distance scaling in real space is preserved in low vision subjects *Journal of Integrative Psychology and Therapeutics*, 2(1), 1-5.
- Corballis, P. M. (2003). Visuospatial processing and the right-hemisphere interpreter. *Brain and Cognition*, 53(2), 171-176.
- Corballis, P. M., Funnell, M. G., & Gazzaniga, M. S. (1999). A dissociation between spatial and identity matching in callosotomy patients. *Neuroreport*, 10(10), 2183–2187.
- Corballis, P. M., Funnell, M. G., & Gazzaniga, M. S. (2002). Hemispheric asymmetries for simple visual judgments in the split brain. *Neuropsychologia*, 40, 401-410.
- Coren, S., Ward, L. M., & Enns, J. T. (1994). *Sensation and Perception* (4 ed.). New York: Harcourt, Brace & World.
- Cornsweet, T. N. (1970). *Visual Perception*. New York: Academic Press.
- Costa, M. F. (2011). A clínica da psicofísica. *Psicologia USP*, 22(1), 14-44.
- Costa, M. F., Magalhães, A., & Nagy, B. V. (2012). *Psychophysical scaling of circle size with and without depth cues*. Paper presented at the 1st Visual Science of Art Conference, Alghero.

- Costa, M. F., Nagy, B. V., & Magalhães, A. (2012). Circle size judgment by psychophysical scaling. *Perception*, 41(Supplement), 219-220.
- Costa, M. F., Nagy, B. V., & Magalhães, A. (2014). Depth cues changes circle size judgment measured by psychophysical scaling. *The Open Psychology Journal*, 7.
- Costall, A. P. (1984). Are theories of perception necessary? A review of Gibson's The Ecological Approach to Visual Perception. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41(1), 109-115.
- Crucian, G. P., & Berenbaum, S. A. (1998). Sex Differences in Right Hemisphere Tasks. *Brain and Cognition*, 36, 377–389.
- Cruys, S. V. d., Schouten, B., & Wagemans, J. (2013). An anxiety-induced bias in the perception of a bistable point-light walker. *Acta Psychologica*, 144(3), 548–553.
- Cumming, B. G., Johnston, E. B., & Parker, A. J. (1993). Effects of different texture cues on curved surfaces viewed stereoscopically. *Vision Research*, 33(5-6), 827–838.
- Da Silva, J. A., Matsushima, E. H., Aznar-Casanova, J. A., & Ribeiro-Filho, N. P. (2006). Distance perception in a natural outdoor setting: is there a developmental trend to overconstancy? *The Spanish Journal of Psychology*, 9(2), 285-294.
- Da Silva, J. A., & Ribeiro-Filho, N. P. (2011). Avaliação psicofísica da percepção de dor. *Psicologia USP*, 22(1), 223-264.
- DeLucia, P. R., & Hochberg, J. (1991). Geometrical illusions in solid objects under ordinary viewing conditions. *Perception & Psychophysics*, 50(6), 547-554.
- D'Hondt, F., Honoré, J., Williot, A., & Sequeira, H. (2014). State anxiety modulates the impact of peripherally presented affective stimuli on foveal processing. *Journal of Affective Disorders*, 152–154, 91–96.
- Ehrenstein, W. H., & Ehrenstein, A. (1999). Psychophysical Methods. In U. Windhorst & H. Johansson (Eds.), *Modern Techniques in Neuroscience Research* (pp. 1211-1241). New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Fechner, G. T. (1966). *Elements of Psychophysics* (H. E. Adler, Trans. D. H. Howes & E. G. Boring Eds. Vol. 1). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Fermüller, C., & Malm, H. (2004). Uncertainty in visual processes predicts geometrical optical illusions. *Vision Research*, 44(7), 727–749.
- Ferreira, A. A. L. (2003). O lugar da psicofísica de Gustav Fechner na história da psicologia. *Memorandum*, 5, 86-93.

- Foss-Feig, J. H., Tadin, D., Schauder, K. B., & Cascio, C. J. (2013). A Substantial and Unexpected Enhancement of Motion Perception in Autism. *The Journal of Neuroscience*, 33(19), 8243-8249.
- Fukushima, S. S., Ribeiro, G., & Silva, J. A. (1988). Cálculo da função psicofísica de Stevens por microcomputadores. *Psicologia: teoria e pesquisa*, 4(2), 96-101.
- Gazzaniga, M. S. (1995). Principles of Human Brain Organization Derived from Split-Brain Studies. *Neuron*, 14(217-228).
- Gescheider, G. A. (1993). What is Absolute About Absolute Magnitude Estimation? In R. T. Verrillo & J. J. Zwislocki (Eds.), *Sensory Research: Multimodal Perspectives* (pp. 211-232). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson, J. J. (1950). *The Perception of the Visual World*. Oxford: Houghton Mifflin Company.
- Gibson, J. J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems* (1 ed.). Boston: Houghton Mifflin.
- Gilbert, C. D. (2013). The Constructive Nature of Visual Processing. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessell, S. A. Siegelbaum & A. J. Hudspeth (Eds.), *Principles of Neural Science* (5 ed., pp. 556-576). New York: McGraw-Hill.
- Girgus, J. S., & Coren, S. (1982). Assimilation and contrast illusions: Differences in plasticity. *Perception & Psychophysics*, 32(6), 555-561.
- Giridhar, P., Dandona, R., Prasad, M. N., Vilas, K., & Dandona, L. (2002). Fear of blindness and perceptions about blind people. The Andhra Pradesh eye disease study. *Indian Journal of Ophthalmology*, 50(3), 239-246.
- Goldner, J., Reuder, M. E., Riba, B., & Jarmontt, D. (1971). Neutral vs ego-orienting instructions: Effects on judgments of magnitude estimation. *Perception & Psychophysics*, 9(1B), 84-88.
- Golomb, J. D., McDavitt, J. R. B., Ruf, B. M., Chen, J. I., Saricicek, A., Maloney, K. H., . . . Bhagwagar, Z. (2009). Enhanced Visual Motion Perception in Major Depressive Disorder. *The Journal of Neuroscience*, 29(28), 9072-9077.
- Grabowska, A., Herman, A., Nowicka, A., Szatkowska, I., & Szelag, E. (1994). Individual differences in the functional asymmetry of the human brain. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 54(2), 155-162.
- Graham, C. H. (1965). Visual Form Perception. In C. H. Graham (Ed.), *Vision and Visual Perception* (pp. 548-574). New York: John Wiley & Sons.
- Green, D. M., & Luce, R. D. (1974). Variability of magnitude estimates: A timing theory analysis. *Perception & Psychophysics*, 15(2), 291-300.

- Hannay, H. J., Varney, N. R., & Benton, A. L. (1976). Visual localization in patients with unilateral brain disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 39(4), 307-313.
- Harris, L. J. (1978). Sex differences in spatial ability: Possible environmental, genetic, and neurological factors. In M. Kinsbourne (Ed.), *Asymmetrical Function of the Brain* (pp. 581). London: Cambridge University Press.
- Hellige, J. B. (2001). *Hemispheric Asymmetry: What's Right and What's Left*. Cambridge: Harvard University Press.
- Hellman, R. P., & Zwislocki, J. J. (1961). Some Factors Affecting the Estimation of Loudness. *Journal of the Acoustical Society of America*, 33(5), 687-694.
- Hilgard, E. R. (1969). Pain as a puzzle for psychology and physiology. *American Psychologist*, 24(2), 103-113.
- Irtel, H. (2005). Psychophysical Scaling. In B. S. Everitt & D. C. Howell (Eds.), *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science* (Vol. 3, pp. 1628–1632). Chichester: John Wiley & Sons.
- Jacobs, R. A. (2002). What determines visual cue reliability? *Trends in Cognitive Sciences*, 6(8), 345–350.
- Jahshana, C., Wynna, J. K., McCleeryb, A., Glahnc, D. C., Altshulera, L. L., & Greena, M. F. (2014). Cross-Diagnostic Comparison of Visual Processing in Bipolar Disorder and Schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, in press, 1-31.
- Kamizaki, R., Sousa-Faleiros, F., Sant'ana, R. P. M., & Da Silva, J. A. (1999). Estimativa de magnitude da gravidade de quadros clínicos: um enfoque da psicofísica clínica. *Revista Latino-americana de Enfermagem*, 7(2), 55-62.
- Kim, S., Chen, S., & Tannock, R. (2013). Visual function and color vision in adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Optometry*, in press, 1-15.
- Kimhy, D., Corcoran, C., Harkavy-Friedman, J. M., Ritzler, B., Javitt, D. C., & Malaspina, D. (2007). Visual form perception: A comparison of individuals at high risk for psychosis, recent onset schizophrenia and chronic schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 97(1–3), 25–34.
- Kjaer, P. K., Salomão, S. R., Belfort Jr., R., & Colella, A. L. D. (2000). Validação clínica de teste psicofísico computadorizado para avaliação de visão de cores e sensibilidade ao contraste. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 63(3), 185-189.
- Kjelldahl, L., & Prime, M. (1995). A study on how depth perception is affected by different presentation methods of 3D objects on a 2D display. *Computers & Graphics*, 19(2), 199–202.

- Knill, D. C. (1998). Surface orientation from texture: ideal observers, generic observers and the information content of texture cues. *Vision Research*, 38(11), 1655–1682.
- Lappin, J. S., Shelton, A. L., & Rieser, J. J. (2006). Environmental context influences visually perceived distance. *Perception & Psychophysics*, 68(4), 571-581.
- Layless, H. T. (2013). Psychophysics I: Introduction and Thresholds. In H. T. Layless (Ed.), *Quantitative Sensory Analysis: Psychophysics, Models and Intelligent Design* (pp. 1-23). Oxford: John Wiley & Sons.
- Ledoux, J. E., Wilson, D. H., & Gazzaniga, M. S. (1977). Manipulo-spatial aspects of cerebral lateralization: clues to the origin of lateralization. *Neuropsychologia*, 15, 743-750.
- Lent, R. (2010). *Cem Bilhões de Neurônios?: Conceitos Fundamentais de Neurociência* (2nd ed.). São Paulo: Atheneu.
- Levy, J., & Reid, M. (1978). Variations in cerebral organization as a function of handedness, hand posture in writing, and sex. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107(2), 119-144.
- Li, L., Wu, Y., & Ye, M. (2014). A New Framework for Direct Saliency Detection and Segmentation Based on Graph Methods. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 7(1), 379-392.
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception. *Science*, 240(4853), 740-749.
- Luce, R. D., & Krumhansl, C. L. (1988). Measurement, scaling, and psychophysics. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey & R. D. Luce (Eds.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (2 ed., Vol. 1, pp. 3-74). New York: John Wiley & Sons.
- Luce, R. D., & Suppes, P. (2002). Representational Measurement Theory. In H. Pashler & J. Wixted (Eds.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (Vol. 4, pp. 1-41). New York: Wiley.
- Macmillan, N. A., Moschetto, C. F., Bialostozky, F. M., Engel, L., Fehrer, E., Graham, N., & Krueger, L. (1974). Size judgment: The presence of a standard increases the exponent of the power law. *Perception & Psychophysics*, 16(2), 340-346.
- Madsen, S. K., Bohon, C., & Feusner, J. D. (2013). Visual processing in anorexia nervosa and body dysmorphic disorder: Similarities, differences, and future research directions. *Journal of Psychiatric Research*, 47(10), 1483–1491.

- Magalhães, A., & Costa, M. F. (2012). *Escalonamento psicofísico da estimativa de tamanho de círculos com e sem pistas de profundidade*. Paper presented at the VI Congresso Interno do Instituto de Psicologia, São Paulo.
- Manning, S. A., & Rosenstock, E. H. (1974). *Psicofísica Clássica e Métodos Escalares*. São Paulo: EPU.
- Marks, L. E. (1974). *Sensory Processes: The New Psychophysics*. New York: Academic Press.
- Masin, S. C., & Vidotto, G. (1983). A magnitude estimation study of the inverted-T illusion. *Perception & Psychophysics*, 33(6), 582-584.
- McGlone, J. (1980). Sex differences in human brain asymmetry: a critical survey. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(2), 215-227.
- McGlone, J., & Davidson, W. (1973). The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference ☆. *Neuropsychologia*, 11(1), 105-113.
- McKendrick, A. M., Vingrys, A. J., Badcock, D. R., & Heywood, J. T. (2001). Visual Dysfunction between Migraine Events. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42(3), 626-633.
- Merkle, E. C., & Steyvers, M. (2011). A psychological model for aggregating judgments of magnitude. *Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling and Prediction*, 11, 236-243.
- Moriya, J., & Tanno, Y. (2011). Processing of task-irrelevant natural scenes in social anxiety. *Acta Psychologica*, 138(1), 162-170.
- Mueller, C. G. (1966). *Psicologia Sensorial* (Á. Cabral, Trans.). Rio de Janeiro: Zahar.
- Murray, D. J., & Bandomir, C. A. (2001). *Fechner's Inner Psychophysics Viewed from both a Herbartian and a Fechnerian perspective*. Paper presented at the Fechner Day 2001. Seventeenth Annual Meeting of the International Society of Psychophysics, Leipzig.
- Nagy, B. V., Costa, M. F., & Magalhães, A. (2013). Circle Size Judgment (Version 2.0). São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Nebes, R. D. (1973). Perception of spatial relationships by the right and left hemispheres in commissurotomized man. *Neuropsychologia*, 11, 285-289.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Owsley, C. (2003). Contrast sensitivity. *Ophthalmology Clinics of North America*, 16(2), 171-177.

- Paula, A. I. (2010). *Percepção de dimensões corporais de adolescentes do sexo feminino: aspectos psicofísicos e comportamentais*. (Doctor), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Paula, A. I., & Mauerberg-deCastro, E. (2010). *Using psychophysical tools to assess the magnitude of body size distortion in female adolescents with and without body image disturbances*. Paper presented at the I Simpósio Internacional de Imagem Corporal e Congresso Brasileiro de Imagem Corporal, Campinas.
- Pelli, D. G., & Bex, P. (2013). Measuring contrast sensitivity. *Vision Research*, 90, 10–14.
- Pollack, I. (1954). Intensity Discrimination Thresholds under Several Psychophysical Procedures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 26, 1056-1059.
- Poulton, E. C. (1968). The new psychophysics: six models for magnitude estimation. *Psychological Bulletin*, 69(1).
- Poulton, E. C., & Simmonds, D. C. V. (1963). Value of standard and very first variable in judgments of reflectance of grays with various ranges of available numbers. *Journal of Experimental Psychology*, 65(3), 297-304.
- Predebon, J. (1992). The role of instructions and familiar size in absolute judgments of size and distance. *Perception & Psychophysics*, 51(4), 344-354.
- Purdy, J., & Gibson, E. J. (1955). Distance judgment by the method of fractionation. *Journal of Experimental Psychology*, 50(6), 374-380.
- Rein, D. B., Zhang, P., Wirth, K. E., Lee, P. P., Hoerger, T. J., McCall, N., . . . Saaddine, J. (2006). The economic burden of major adult visual disorders in the United States. *Archives of Ophthalmology*, 124(12), 1754-1760.
- Rilea, S. L. (2008). A lateralization of function approach to sex differences in spatial ability: A reexamination. *Brain and Cognition*, 56, 332-343.
- Rilea, S. L., Roskos-Ewoldsen, B., & Boles, D. (2004). Sex differences in spatial ability: A lateralization of function approach. *Brain and Cognition*, 56, 332–343.
- Sanford, E. C. (1898). *A Course in Experimental Psychology* (Vol. 1: Sensation and Perception). Boston: D. C. Heath & Company.
- Santos, N. A., & Bustamante, M. L. S. (2001). Função de Sensibilidade ao Contraste: Indicador da Percepção Visual da Forma e da Resolução Espacial. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(3), 589-597.
- Santos, N. A., & Simas, M. L. d. B. (2001). Percepção e Processamento Visual da Forma: Discutindo Modelos Teóricos Atuais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(1), 157-166.

- Schwartz, S. H. (2010). *Visual Perception: A Clinical Orientation* (4 ed.). New York: McGraw-Hill Medical.
- Sergi, M. J., & Greenb, M. F. (2003). Social perception and early visual processing in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 59(2–3), 233–241.
- Sperry, R. (1982). Some Effects of Disconnecting the Cerebral Hemispheres. *Science*, 217(4566), 1223-1226.
- Stelmack, J. (2001). Quality of Life of Low-Vision Patients and Outcomes of Low-Vision Rehabilitation. *Optometry and Vision Science*, 78(5), 335-342.
- Stevens, S. S. (1936). A scale for the measurement of a psychological magnitude: loudness. *Psychological Review*, 43(5), 405-416.
- Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103, 677-680.
- Stevens, S. S. (1953). On the brightness of light and the loudness of sounds. *Science*, 118, 576.
- Stevens, S. S. (1955a). On the Averaging of Data. *Science*, 121, 113-116.
- Stevens, S. S. (1955b). The measurement of loudness. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 815-829.
- Stevens, S. S. (1956). The Direct Estimation of Sensory Magnitudes: Loudness. *The American Journal of Psychology*, 69(1), 1-25.
- Stevens, S. S. (1957). On the psychophysical law. *Psychological Review*, 64, 153-182.
- Stevens, S. S. (1958a). Measurement and Man. *Science*, 127, 383-389.
- Stevens, S. S. (1958b). Problems and Methods of Psychophysics. *Psychological Bulletin*, 55(4), 177-196.
- Stevens, S. S. (1959). The Quantification of Sensation. *Daedalus*, 88(4), 606-621.
- Stevens, S. S. (1970). Neural Events and the Psychophysical Law. *Science*, 170(3962), 1043-1050.
- Stevens, S. S. (1971). Issues in Psychophysical Measurement. *Psychological Review*, 78, 426-450.
- Stevens, S. S. (1975). *Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural, and social prospects*. New York: Wiley.

- Stevens, S. S., & Galanter, E. H. (1957). Ratio scales and category scales for a dozen perceptual continua. *Journal of Experimental Psychology*, 54(6), 377-411.
- Teghtsoonian, M., & Beckwith, J. B. (1976). Children's size judgments when size and distance vary: Is there a developmental trend to overconstancy? *Journal of Experimental Child Psychology*, 22, 22-39.
- Thurstone, L. L. (1927). Three Psychophysical Laws. *Psychological Review*, 34, 424-432.
- Titchener, E. B. (1901). *Experimental Psychology: A Manual of Laboratory Practice* (Vol. 1). New York: Macmillan.
- Vernon, M. D. (1970). *Perception Through Experience*. London: Methuen & Co.
- Vogel, J. J., Bowers, C. A., & Vogel, D. S. (2003). Cerebral lateralization of spatial abilities: A meta-analysis. *Brain and Cognition*, 52, 197-204.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.
- Wallisch, P., & Bornstein, A. M. (2013). Enhanced Motion Perception as a Psychophysical Marker for Autism? *The Journal of Neuroscience*, 33(37), 14631-14632.
- Weber, E. H. (1834). *De pulsu, resorptione, audita et tactu - Annotationes anatomicae et physiologicae*. Leipzig: Koehler.
- Wernicke, C. (1874). *Der aphasische Symptomencomplex: Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis*. Breslau: Max Cohn & Weigert.
- Westheimer, G. (2008). Illusions in the spatial sense of the eye: Geometrical–optical illusions and the neural representation of space. *Vision Research*, 48(20), 2128–2142.
- Woodworth, R. S., & Thorndike, E. (1900). Judgments of magnitude by comparison with a mental standard. *Psychological Review*, 7(4), 344-355.
- Wurtz, R. H., & Kandel, E. R. (2000). Central Visual Pathways. In E. C. Kandel, J. Schwartz & T. Jessell (Eds.), *Principles of Neural Science* (4 ed., pp. 523-547). New York: McGraw-Hill.
- Wyler, A. R., Masuda, M., & Holmes, T. H. (1968). Seriousness of illness rating scale. *Journal of Psychosomatic Research*, 11(4), 363-374.
- Young, M. J., Landy, M. S., & Maloney, L. T. (1993). A perturbation analysis of depth perception from combinations of texture and motion cues. *Vision Research*, 33(18), 2685–2696.

Zwislocki, J. J., & Goodman, D. A. (1980). Absolute scaling of sensory magnitudes: A validation *Perception & Psychophysics*, 28(1), 28-38.

ANEXOS

1st Visual Science of Art Conference | 1-2 September 2012, Alghero, Italy

V S A C
2 0 1 2

Annals of the 1st Visual Science of Art Conference

Psychophysical scaling of circle size with and without depth cues

Marcelo Costa, Adsson Magalhaes and Balázs Vince Nagy

We used the magnitude estimation to obtain the apparent size of circles under two different experimental conditions: with a black background and with a line gradient to evoke depth perception. Twenty-two subjects with normal or corrected-to-normal visual acuity (mean age= 21.3yrs; SD= 1.6) were tested. The procedure consisted of two gray circles luminance of 40 cd / m², 10 degrees apart from each other. On the left side was the reference circle (VA of 1.1 cpd) in which was assigned an arbitrary value of 50. The subjects' task was to judge the size of the circles appearing in the right side of the monitor screen assigning the number proportional to the changed size, relative to the reference circle. Seven different sizes (0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 cpd at 50 cm) were presented in each condition. Our results have shown a high correlation for circle size and depth conditions ($R= 0.987$ and $R= 0.997$) between the logs of the stimuli and the subject response. The exponents obtained were 0.69 and 1.09, respectively. The circle size was judged subjectively closer to the physical size in the depth condition than in the condition free of other visual cues.

ECVP 2012 Abstract

M Costa, B V Nagy, A Magalhães (Universidade de Sao Paulo, Brazil; e-mail: costamf@usp.br), 2012, "Circle size judgment by psychophysical scaling" *Perception* **41** ECVP Abstract Supplement, page 219

Circle size judgment by psychophysical scaling

We used the magnitude estimation to obtain the apparent size of circles. Eighty-two subjects with normal or corrected-to-normal visual acuity (mean age = 22 years; SD = 1.4) were tested. The procedure consisted of two gray circles luminance of 40 cd / m², 10 degrees apart from each other. On the left side was the reference circle (visual angle of 1.1 cpd) in which was assigned an arbitrary value of 50. The subjects' task was to judge the size of the circles appearing in the right side of the monitor screen assigning the number proportional to the changed size, relative to the reference circle. Seven different sizes (0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 cpd at 50 cm) between smaller and larger than the reference circle were presented. Our results have shown a high correlation ($R = 0.9987$) between the logs of the stimuli and the subject response. The exponent obtained was 0.71, which indicates that for the judged apparent size of the circle to be 2 times larger or smaller than the reference, we need a change of 3 times of the physical size. In conclusion, we found a non-linear judgment in the apparent size of gray circles in a visually normal population of young adults.

[**Publisher's note:** The abstracts in this year's ECVP supplement have been published with virtually no copy editing by Pion, thus the standards of grammar and style may not match those of regular *Perception* articles.]

VI CONGRESSO INTERNO DO INSTITUTO DE PSICOLOGIA - USP

ESCALONAMENTO PSICOFÍSICO DA ESTIMATIVA DE
TAMANHO DE CÍRCULOS COM E SEM PISTAS DE PROFUNDIDADE

Adsson Magalhães

Contato com o autor: adsson.magalhaes@usp.br

Orientador: Marcelo Fernandes da Costa

Programa de Pós-Graduação: Neurociências e Comportamento

Nível do trabalho: Mestrado

Introdução: Mais de um século de pesquisa em percepção visual tem revelado que a percepção de tamanho está relacionada à forma e ao tamanho real dos objetos, havendo um enviesamento dos sujeitos ao estimarem área de figuras e formas. Estudos de percepção demonstram que julgamentos errôneos frequentemente ocorrem em ambientes com parâmetros de referência ambíguos ou desconhecidos. Compreender alguns dos efeitos que alteram a percepção visual é necessário para uma teoria adequada da percepção visual. Evidências sobre os efeitos do contexto ambiental ainda são limitadas, mas sabe-se que alterações no plano de fundo, criação de lacunas, mudança de textura influenciam a percepção do ambiente pelos sujeitos. **Objetivo:** Averiguar sob duas condições de pistas visuais os julgamentos dos sujeitos é mais próximo da realidade. **Método:** Utilizando um software, os sujeitos estimaram o tamanho aparente de círculos em duas condições experimentais. O procedimento consistiu em dois círculos cinzas com 40 cd/m² de luminância e 10 graus de separação entre eles. No lado esquerdo um círculo de referência (VA de 1.1 cpg) no qual foi atribuído o valor arbitrário de 50. A tarefa dos sujeitos foi julgar o tamanho aparente dos círculos no lado direito do monitor atribuído um número proporcional à mudança de tamanho, relativa ao círculo de referência. Sete tamanhos diferentes (0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 cpg a 50 cm) foram apresentados em cada condição. **Resultados e Discussão:** Ao utilizar a estimativa de magnitude para obter o tamanho aparente de círculos em duas condições diferentes (com e sem pistas de profundidade), encontrou-se uma alta correlação para o tamanho de círculos e condições de profundidade ($R=0.987$ e $R=0.997$) entre os logs do estímulo e da resposta subjetiva. Os expoentes obtidos foram 0,69 e 1,09, respectivamente. O tamanho do círculo era julgado subjetivamente mais próximo do tamanho físico em condições de profundidade do que em condições livres de outras pistas visuais. **Considerações Finais:** Os dados preliminares encontrados podem não somente ampliar o campo de estudo da percepção visual, como também fornecer uma maior compreensão dos fenômenos visuais e fatores que os influenciam.

Palavras-chave: Escalonamento Psicofísico. Estimativa de Magnitude. Percepção visual.

Trabalho apresentado na *First Visual Science of Art Conference*, Alghero, Itália em 01/09/2012

FECHNER DAY 2014 – RESUMO SUBMETIDO

Thiago L. Costa^{*a}, Marcelo F. Costa^a, Adsson Magalhães^a, Gabriel G. Rêgo^b, Balázs V. Nagy^a, Paulo S. Boggio^b, Dora F. Ventura^a.

^a University of São Paulo, São Paulo - Brazil.

^b Mackenzie Presbyterian University, São Paulo - Brazil.

Recent research suggests that V1 plays an active role in judgment of size and depth¹. One approach to investigate this issue is to directly stimulate V1 with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) while testing size and depth perception with a psychophysical task. Anodal tDCS is known to increase brain excitability while cathodal stimulation is known to decrease it. Therefore, this will allow for a better understanding of how increased or decreased V1 activity affects size and depth judgment.

Fourteen subjects received separate sessions of anodal, cathodal and sham tDCS (Oz-Cz, 0.06mA/cm²) in a randomized repeated measures design. The participants received 5 minutes of tDCS before starting the tasks in each session. Two tasks were performed in randomized order in each session: one for size and one for depth judgment. In the size task, the participant had to judge the size of a circle using another circle with a fixed size (50 pixels) as reference. The same was true for the depth judgment task (but the participant was instructed to judge depth). Power functions were fit to the results of the size task. The shapes of the results for the depth task were best fit by a logarithmic function.

Slopes and R^2 were compared with separate repeated measures ANOVAs with two factors: Task (size vs. depth) and tDCS (Anodal vs. Cathodal vs. Sham). There was a significant interaction between Task and tDCS [$F(2, 26) = 4.097$, $p = 0.02$, $\eta P^2 = 0.23$] for the slope analysis. Post-hoc LSD test showed that the slopes were only significantly different from placebo during anodal stimulation for the size task ($p < 0.01$ while all other $p > 0.25$). There was no significant interaction between Task and tDCS for the R^2 analyses [$F(2, 26) = 2.32$, $p = 0.18$, $\eta P^2 = 0.11$].

Anodal tDCS significantly decreased slopes, apparently disrupting size perception. Also, tDCS of V1 affected size but not depth perception. These findings suggest two hypotheses: that increased V1 activity disrupts size judgment and that size and depth judgment involve different mechanisms. Subject's results on the size task seemed to reflect a prothetic continuum while the results in the depth task seem to reflect a metathetic continuum. The differential tDCS effects on size and depth judgment may be interpreted as supporting the hypothesis of different physiological mechanisms underlying judgment in these two continua². Also, the results further suggest a complex V1 involvement in the judgment of size tasks that go beyond simple feature detection¹, and supports predictive coding models and experimental findings that suggest higher order visual areas may inhibit incoming information from V1 through feedback connections when complex tasks are performed³.

References and notes

¹S.O. Murray et al., *Nat. Neurosci.* 9(3), 429-434 (2006).

²S.S. Stevens, *American Scientist* 48(2), 226-253 (1960).

³S.O. Murray et al., *PNAS* 99(23), 15164–15169 (2002)

FINACIAL SUPPORT: FAPESP, CAPES and CNPq

**HEMISPHERIC ASYMMETRY BETWEEN MEN AND WOMEN MEASURED
BY MAGNITUDE ESTIMATION METHOD**

Adsson Magalhães**

Marcelo Fernandes Costa

Balázs Vince Nagy

(Psychophysiology Sensorial Laboratory, Psychology Institute,
University of São Paulo, São Paulo, Brazil)

The organization and lateralization principles of the human brain came mainly from studies with people whose brain were split by callosotomy or patients with unilateral lesions. Despite the absence of studies about hemispheric asymmetry using Magnitude Estimation (ME), it's usually understood that the right hemisphere (RH) is specialized on visual and spatial information processing. However, there are many indicators of difference between RH and left hemisphere (LH) performances for judgment of area. We used the ME method to investigate hemispheric asymmetry in a task of judgment of circle size in a normal population of men and women. We developed a computer software which displayed two gray circles with a luminance of 151 cd/m² in a black background. The superior circle was a reference which was assigned an arbitrary value of 50 (4.5 cpg at 50 cm) by the experimenter that should be used as a parameter for the subjects to judge the size of the circles appearing randomly in the inferior part of the screen (0.1, 1.0, 1.9, 2.7, 3.6, 4.5, 5.4, 6.2, 7.2, 8.1 and 9.0 cpg at 50 cm) assigning the number proportional to the changed size, relative to the reference circle. The subjects wore occlusion on the right eye and fixed the gaze on a white cross in the middle of the monitor. In the first series the circles appeared on the right side and then on the left side, with a total of 22 judgments. Twenty subjects were tested, all right-handed, with normal or corrected-to-normal visual acuity. Ten men (mean age=28.2; SD=4.3) and ten women (mean age=26.1, SD=3.8). The results of the means obtained by Steven's exponent for the men were $RH=1.2639+0.0651$ and $LH=1.2488\pm0.1339$, and for the women $RH=1.3036\pm0.0322$ and $LH=1.3758\pm0.0837$. By analyzing the male group, the result were opposite what expected when consider the bibliography published about this subject. The mean of exponents for the RH were bigger than for the LH, apparently the LH was better to judge the area then the RH, while we expected the contrary. Nevertheless, the female group has shown a large difference in intra-hemispheric judgment with a significant advantage of the RH over the LH. An important aspect to highlight is that we didn't find this difference in the male group and the exponent was inferior when compared to the female group, suggesting that while not having the superiority of the RH, men could make circle size judgment more precisely than women. By this fact we suggest that functions involved in the execution of such tests are characteristics of RH processing. Thus, the involved cognitive functions seem to be sex related resulting in a different lateralization in women and men, showing differences between the groups in spatial cognitive skills.

Financial Support: CAPES/FAPESP

Level: Master

Area: PER

Depth Cues Changes Circle Size Judgment Measured by Psychophysical Scaling

Marcelo Fernandes Costa^{*1,2}, Balázs Vince Nagy¹ and Adson Magalhães²

¹Departamento de Psicologia Experimental, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil

²Núcleo de Neurociências e Comportamento e Núcleo de Neurociências Aplicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil

Abstract: The aim of our study was to investigate whether different circle sizes, in conditions of pure size judgment and in a simple contextual judgment with an interfering depth suggesting background, produce different size perceptions. We used the magnitude estimation to obtain the apparent size of circles under two different experimental conditions: with a neutral black background and with a convergent gradient to generate an artificial horizon to evoke depth cues. Twenty-two subjects with normal or corrected-to-normal visual acuity (mean age= 21.3yrs; SD= 1.6) were tested. The procedure consisted of two gray circles at luminance of 40 cd / m², separated 10 degrees of visual angle apart from each other. On the left side was always present the reference circle (visual angle of 1.1 degree) in which was assigned an arbitrary value of 50 was assigned. The subjects' task was to judge the size of the circles appearing in the right side of the monitor screen assigning a number proportional to the perceived altered size, relative to the reference circle. Seven different sizes (0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 degrees) were presented in each condition. Our results have shown a high correlation for circle size and depth conditions ($R=0.987$ and $R=0.997$) between the logs of the stimuli and the subjective magnitude estimated values. The exponents obtained by the Power Law were 0.79 and 1.09, respectively to each condition. Additionally, a gender effect was observed in which males had showed an expansive perception of size with no dependence on the background. We concluded that in the induced depth condition, the perception of the circle sizes were judged subjectively closer to their respective physical size than in the condition of free visual cues. Our data reinforces the integrative manner of perceptual system when working with the sensory information.

Keywords: Depth perception, Size judgment, Spatial vision, Magnitude estimation, P Psychophysical scaling.

INTRODUCTION

The human visual system can take viewing distance into account when judging apparent size. It is interesting to note that the shape and the size of objects are judged independently but both are also under influence of the distance presented [1, 2].

Studies investigating the environmental, physiological and mental functions related to these perceptual variances were performed generating two opposite hypothesis. The moon size illusion is one of the many phenomena related with the apparent size changes in different surrounding contextual seeing situations [3]. In this illusion, the size of the moon appears bigger when it is viewed near the horizon and smaller when it is at the top of the sky. Previous explorations were based on the retinal images and spatial code interactions and led the authors suppose that spatial coding mechanisms modulate the retina output [4] and in the absence of contextual references the retinal circuitry had less

information to compare spatially and the output to the visual cortex were biased. On the other hand, other study found that environmental size is determined prior to the mental scaling suggesting that the subjective size of moon is built up in higher perceptual levels [5].

Interesting results were obtained in a study where the relative sizes of objects were judged in different high positions. As a main result, the horizon is a strong reference in judging the relative sizes of the objects supporting the second hypothesis presented [6]. Also a previous study shows that background texture could modulate the size perception for motion stimuli [7].

In visual arts, the inductions of depth and of the relative distances are based not only on backgrounds inducing depth but also in size changes of the painting elements among other pictorial cues [8]. These findings suggest that the sizes are based on the input computation of spatial cues and could be explained in terms of spatial circuitry presented in lower levels of sensation mechanisms.

Despite the absence of a consensual mechanism supporting the size judgment, some interesting results could be added as important information to this issue. Subjective scaling of white circle sizes in a black background was

^{*}Address correspondence to this author at the Departamento de Psicologia Experimental, Instituto de Psicologia USP, Av. Prof. Mello Moraes, 1721, 05388-030, Butantã, São Paulo, SP, Brazil; Tel: +55 11 3091 1918; Fax: 11 3091 1918; E-mail: costamf@usp.br

performed by Stevens [9]. He found a Power Law exponent of 0.7 for a square size, suggesting a not very good size perception which, in this case, meant a perceptual change of 3.5 times when the physical size changed 6 times. However, there are no studies calculating the magnitude perceived in contextual conditions.

Since the measurements previously performed have shown an underestimation of the size without visual cues, we aimed to measure the Power Law exponents under depth induced by a convergent background. We hypothesized that small changes in the perceptual magnitude (Power Law exponent) with the background present could be more related to a simple circuitry processing at lower levels of visual system. Instead, bigger changes in the perceived size would suggest a more perceptual, higher level, visual processing.

METHODS

Subjects

We evaluated 53 volunteers with a mean age of 21.3 years ($SD = 3.1$ yrs; 28 females), recruited among the students of the University of São Paulo. Inclusion criteria were best-corrected visual acuity of 20/20 or better measured monocularly at 4 meters using an ETDRS chart – numbing E (Xenon, São Paulo, Brazil), refraction of ≤ 3.0 diopters considering the spheric equivalent of astigmatism values, absence of ophthalmological diseases and absence of known neurological and systemic diseases.

All subjects gave a signed informed consent to participate in the experiment. All were naive to the specific experimental question. This study is also in accordance with the ethical standards laid down in the 1964 Declaration of Helsinki and was approved by the local Ethical Committee (CEPH-IPUSP 240.412; 26/11/2012).

Equipment and Procedures

The stimuli were generated by the software MatLab version 7.8.0 (R2009a, The MathWorks Inc., USA) installed in a PC computer. The stimulus consisted of two circles with gray, luminance of 40 $cd.m^{-2}$, separated 10 degrees apart from each other. On the left side was the reference circle (visual angle of 1.1 degree of visual angle at 50cm) presented in a LED screen. Seven different circle sizes (0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 degrees of visual angle) were presented.

We used the Direct Magnitude Estimation (DME) to assess the subjective magnitude related to the differences between the circle sizes. The DME method was developed by SS Stevens [9, 10], in which numbers are directly addressed to the subjective magnitude regarding a stimulus presented. The relation between the subjective magnitude and the physical manipulation of the stimulus can be expressed by the Power Law function:

$$\psi = K\phi^n \text{ (Eq.1)}$$

This means that the magnitude estimated ψ grows as the physical ϕ raised to a power of n .

Direct Magnitude Scaling (DME) is a very simple procedure and consists of arbitrarily associating a number to a particular dimension, in our case, the circle size. The

subject task was to judge the next dimensions relating then to the first dimension, adjusting the number to match their impression. If the first dimension was numbered as 10 and the second dimension appears to have three times more sensation, the subject have to give a corresponding number, in this case 30. For more detailed explanation regarding the method see [9, 11].

A preliminary training session was performed for each subject to guarantee that they had understood the procedure and would be able to perform it. The preliminary training consisted of a DME procedure in a task of judging the line length in a series of ten lines. As expected by the study of Stevens & Harris [11], all subject performed these judgments satisfactorily which means a Power Law exponent of 1.0 (data not presented in this paper). The line length judgment is a simple task that can be performed for any subject and the exponent obtained must be around 1.0. This previous training is recommended when the subjects were not experienced in that psychophysical task or when the dimension under judgment is more abstract.

In the test session, the reference (modulus) circle was chosen as the gray circle with size of 1.1 degree and it always appears in the left side of the screen. To make the ratio judgment possible, an arbitrary number of 50 was associated to the reference size. The subjects were instructed to look at the center of the screen and compare the circle size presented in the right side of the screen with the modulus circle by giving a number corresponding to the magnitude of their impression of the circle size difference. The subjects were instructed to be as precise as they can which means that they could use fractions or decimal numbers. The circle sizes were randomly presented and the geometric mean of two presentations was used as the subject judged values.

The subjects randomly performed the circle size judgment in two different conditions: free background condition in which the background of the screen was totally black (Fig. 1A) and in the condition of a convergent lines texture gradient to induce the depth perception (Fig. 1B).

In the depth perception condition, the subjects were instructed to make the circle size judgment and not a distance or depth perception judgment that could appear in some situations.

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed with the software Statistica (v11, StatSoft Inc. Tulsa, USA). Statistical differences were verified by a Repeated Measurements ANOVA considering the dependent variables the background condition and the gender and the independent variable the Power Law exponents. A Pearson-Moment Correlation was used to verify the relationship between magnitude estimation values and the physical circle size.

RESULTS

All subjects performed the two conditions satisfactorily. For the circle size judgment free of background we measured an exponent of 0.79 with a significant positive correlation ($r = 0.974$; $p < 0.001$). In the condition with the textured background the exponent measured was 1.09 ($r = 0.999$; $p < 0.001$). The power functions and the correlation coefficients are shown in Fig. (2).

Fig. (1). Screen view from the subjects' point of view showing the stimulus conditions without (A) and with background (B). The left circle was the modulus and was associated with a reference number of 50. The subject's task was to give a number representing the magnitude of the size change in the right circle.

Gender differences in circle size scaling were analyzed. Significant differences were found between genders for the scaling exponents ($F = 16.7$, $p = 0.002$). We also found differences when comparing the exponents obtained with different background conditions. In the no background condition the exponent of magnitude scaling of males was 1.67 and females was 1.21. Similar result was found with background condition, in which the exponent measured for males, 1.33 is significantly different from those of females, 0.86. The statistical significance comparing the background conditions was $F = 29.85$, $p < 0.001$ (Fig. 3). However, no interaction effect was observed between gender and background condition.

Intra-subject variability was evaluated by a Pearson-moment correlation coefficient obtained for each gender between the judgments in those background conditions. The correlation coefficients are presented in Table 1.

DISCUSSION

Contextual information as the background texture could induce the perception of depth in pictorial images. The relative size of objects also induces depth perception. Thus, a reasonable question is whether the texture could influence the size judgment by inserting a depth cue in the visual context. We have investigated the effect of the background texture in the relative size of circles measuring their subjective magnitude for two conditions – with and without depth cues in the background. Our results show a significant change in the circle size judgment approaching the perceptual size to the physical size with a little

Fig. (2). Psychometric functions of the power law obtained for the two viewing conditions. Without background the exponent was 0.79 with a high correlation coefficient ($r = 0.965$) and with background inducing depth the circle sizes judged follow a magnitude of 1.09 ($r = 0.997$).

Table1. Pearson correlation coefficient for intrasubject variability

	Male	Female
No Background	$r = 0.997$ $p < 0.001$	$r = 0.997$ $p < 0.001$
With Background	$r = 0.996$ $p < 0.001$	$r = 0.998$ $p < 0.001$

Fig. (3). Gender differences found for both stimulus conditions. Males showed an higher expansive perception with no background (A) than with background (C). Females also had an expansive size perception without background (B) but, differing from males in the background condition, they showed a compressive perception (D).

overestimation, evidenced by a change in the exponent value from 0.79 to 1.09. The exponent of 0.79 obtained in the background free condition means that the physical size of the circle increases, for example, 6 times and the perceived circle size increases about 4.1 times. In the depth induced background the exponent goes to 1.09 which means an increase of 7 times in the perceptual size at a 6 time increase in the physical size meaning a very close approach between the physical and the perceptual sizes.

An interesting study found that the width and the height of a cylinder with depicted texture demonstrates an illusory shrinkage with the change of a depth cue [12]. This result is, in some sense, in line with our study since it showed that depth cues may determine the size of 3D elements. In our study, we found that the depth cue changes the perceptual size of circles in an improving fashion, approaching the perceptual size to the physical size. One explanation for our results is that the background texture creates a slant. Studies found that the slants induce depth perception [13]. Another explanation based on the literature [14] could be that the sizes of objects intercepting the horizon line are judged with

overestimation. Since all of our stimuli intercepted the horizontal line of our texture background an increase in the perceptual size could explain the improvement in circle size judgment at the background condition.

The importance of the depth cues in size perception was investigated by Farran *et al.* [15]. In that study, the authors performed a same-different measurement for size judgment with no background and with three different depth cue conditions: height in the visual field, linear perspective, and texture gradient. They found that texture gradient had an effect on increasing the accuracy of size judgment. That result is in line with ours.

The difference in the size judgment with background texture means an increase of three times in the perceptual size which could be considered a huge change for a relatively complex contextual scene. That amount of perceptual change could not be related only to the retinal size of the image and, of course, to the retinal circuitry, but it is much more related to the perceptual process based on mental sizes. The study of Bennett & Warren [5] manipulating retinal and environmental images sizes suggests that

environmental size is determined prior to mental scaling. Based on this study, our more complex scene composed by a background texture feeds the perceptual systems with enough information to recalculate the size of the circles, making circle size comparisons more reliable.

Gender differences that we found are strongly supportive for differences in the underlining mechanisms of size perception in males and females. Males showed an expansive perception of size with no dependence on the background. However, the expansiveness of males was reduced in the presence of the background. We could interpret that result as a correction for a smaller size. Females had a quite different effect. They also had an expansive perception with no background, similar to males, but showed a slightly compressive effect with background. These results suggest a strong power of the contextual stimulus adjusting the perceptual size close to the physical size which is an evidence of a more common and probably basic mechanism of apprehending sizes in contextual situations. Studies had reported invariance to spatial stimuli both for spatial frequency [16] and for spatial judgment of quantity [17]. However, independence of size and distance judgment had also been found [18]. Our results suggest that males maintain the invariance in judgment of size, even with the reduction in the expansive perception. Females, on the other hand, change from expansive to slightly compressive perception of sizes in the presence of depth texture in the background. The differences between males and females in judging sizes in contextual conditions could reflect adaptive and evolutionary differences showed by innumerable studies but not intended to be discussed here.

Visual art is a complex environment in which our brain extracts information to represent a vivid deepness of many attributes of the real world. In this sense, the study of visual arts could be a way to understand our mental structure about visual perception. Our results show a strong change in perceptual size based only on a textured background adding depth information. Color mode changes by depth cues [19] and by color perception integrating depth and form vision [20] are rich grounds in which visual perception could lean.

CONCLUSION

Perceptual sizes are changed by the introduction of a textured background inducing depth perception. Our scaling measurements found a two-fold change from an underestimated size perception to a size perception almost equaling the physical size. Gender differences were also observed in which males showed more expansive judgment of size perception than females. Males also had invariance in size judgment while females exhibited a change to a compressive perception with background.

CONFLICTS OF INTERESTS

The authors confirm that this article content has no conflicts of interest.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank Dora Fix Ventura for all the theoretical discussions and insights during the entire work and for the CNPq (401153/2009-6) and FAPESP (2013/04049-4) for the financial support. M.F.C. is a CNPq level 2 Fellow Researcher.

REFERENCES

- [1] Brenner E, Van Duyn WJ. Perceived distance, shape and size. *Vision Res* 1999; 39: 975-86.
- [2] Kaufman L, Kaufman JH, Noble R, Edmund S, Bai S, King T. Perceptual distance and the constancy of size and stereoscopic depth. *Spat Vis* 2006; 19: 439-57.
- [3] Baird JC, Wagner M, Fuld K. A simple but powerful theory of the moon illusion. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1990; 16: 675-7.
- [4] Arnold DH, Burt A, Wallis TS. Perceived size and spatial coding. *J Neurosci* 2008; 28: 5954-8.
- [5] Bennett DJ, Warren W. Size scaling: retinal or environmental frame of reference? *Percept Psychophys* 2002; 64: 462-77.
- [6] Bertamini M, Yang TL, Proffitt DR. Relative size perception at a distance is best at eye level. *Percept Psychophys* 1998; 60: 673-82.
- [7] Beverley KI, Regan D. Texture changes versus size changes as stimuli for motion in depth. *Vision Res* 1983; 23: 1387-99.
- [8] Makino Y, Yano M. Pictorial cues constrain depth in da Vinci stereopsis. *Vision Res* 2006; 46: 91-105.
- [9] Stevens SS. The direct estimation of sensory magnitudes—loudness. *Am J Psychol* 1956; 69: 1-25.
- [10] Stevens SS. Cross-modality validation of subjective scales for loudness, vibration, and electric shock. *J Exp Psychol* 1959; 57: 201-9.
- [11] Stevens SS, Harris JR. The scaling of subjective roughness and smoothness. *J Exp Psychol* 1962; 64: 489-94.
- [12] Taya S, Miura K. Shrinkage in the apparent size of cylindrical objects. *Perception* 2007; 36: 3-16.
- [13] Backus BT, Banks MS. Estimator reliability and distance scaling in stereoscopic slant perception. *Perception* 1999; 28: 217-42.
- [14] Torro-Alves N, Ferreira AD, Bernardino LG, Fukushima SS. Effects of Perspective on the Amplification of Object Sizes that Intercept the Horizon Line. *Psicologia-Reflexão e Crítica* 2012; 25: 182-7.
- [15] Farran EK, Whitaker A, Patel N. The effect of pictorial depth information on projected size judgments. *Atten Percept Psychophys* 2009; 71: 207-14.
- [16] Joseph JS, Victor JD, Optican LM. Scaling effects in the perception of higher-order spatial correlations. *Vision Res* 1997; 37: 3097-7.
- [17] Wolf Y, Algom D. Perceptual and memorial constructs in children's judgments of quantity: a law of across-representation invariance. *J Exp Psychol Gen* 1987; 116: 381-97.
- [18] Haber RN, Levin CA. The independence of size perception and distance perception. *Percept Psychophys* 2001; 63: 1140-52.
- [19] Yamashita Y, Uchikawa K. Depth information affects judgment of the surface-color mode appearance. *J Vis* 2005; 5: 515-24.
- [20] Werner JS, Pina B, Spillmann L. Illusory color & the brain: novel illusions suggest that the brain does not separate perception of color from perception of form and depth. *Sci Am* 2007; 296: 90-95.

Received: February 05, 2014

Revised: May 29, 2014

Accepted: May 31, 2014

© Costa et al.; licensee Bentham Open.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Pesquisadores responsáveis: Prof. Dr. Marcelo Fernandes da Costa e Adsson Magalhães

Instituição/Departamento: Departamento de Psicologia Experimental - Instituto de Psicologia – Universidade de São Paulo

Endereço do pesquisador responsável: Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (IP-USP), Av. Professor Mello Moraes, 1721, Bloco-A, Sala D-9, CEP 05508-030, Cidade Universitária - São Paulo – SP.

Telefone para contato: 11 95293 5826 / 11 96870 8646

E-mail: adsson.magalhaes@usp.br

Prezado participante,

O Sr(a) foi selecionado(a) e está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada: ***Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: Um Estudo de Escalonamento Psicofísico***, que tem como **objetivo principal** investigar quais fatores alteram a precisão do julgamento de tamanho de figuras nos sujeitos. Este é um estudo baseado em uma abordagem neurocientífica, utilizando como método a aplicação de um software desenvolvido para computador.

Suas respostas serão tratadas de forma **anônima e confidencial**, ou seja, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas.

Sua participação é **voluntária**, e a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta, realizar algum experimento ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição que forneceu os seus dados, como também na que trabalha.

Sua **participação** nesta pesquisa consistirá em realizar uma atividade simples num programa de computador. O (a) Sr(a) não terá nenhum **custo ou quaisquer compensações financeiras**. **Não haverá riscos** de qualquer natureza relacionada à sua participação. O **benefício** relacionado à sua participação será de aumentar o conhecimento científico para a área das Neurociências do Comportamento.

Agradecemos sua atenção e valiosa colaboração. Colocamo-nos à sua disposição para qualquer esclarecimento.

ADSSON MAGALHÃES

*Psicólogo. Mestrando em Neurociências e Comportamento
Instituto de Psicologia – Universidade de São Paulo - IPUSP*

PROF. DR. MARCELO FERNANDES DA COSTA

*Professor do Departamento de Psicologia Experimental
Instituto de Psicologia – Universidade de São Paulo - IPUSP*

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, _____,

RG _____ declaro que li o termo de consentimento, compreendo os objetivos e concordo em participar voluntariamente no projeto: ***Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: Um Estudo de Escalonamento Psicofísico***. Estou consciente de que os resultados serão mantidos em absoluto sigilo e que serão utilizados apenas com finalidades da pesquisa. Este documento é emitido em duas vias que serão assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do Participante

São Paulo, ____ de _____ de 2013.

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Funções Sensoriais Envolvidas no Julgamento Visual por Escalonamento Psicofísico

Pesquisador: Marcelo Fernandes da Costa

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 10724712.1.0000.5561

Instituição Proponente: INSTITUTO DE PSICOLOGIA ((USP))

Patrocinador Principal: Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo ((FAPESP))
INSTITUTO DE PSICOLOGIA ((USP))

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 240.412

Data da Relatoria: 26/11/2012

Apresentação do Projeto:

É proposto uma série de experimentos que visam o estudo de como características de estimulação influenciam no escalonamento psicofísico, por tarefa de estimativa de magnitude direta. O projeto está dividido em três grandes blocos de experimentação: experimentos chamados de básicos, cujos objetivos são os de abordar elementos sensoriais básicos para a visão espacial como contraste e resolução espacial podem interferir nos julgamentos para estímulos simples, como retas e círculos; experimentos chamados de exploração metodológica, nos quais buscam manipular experimentalmente fatores como valores de referência, indução de sensações como tamanho induzindo de distância; o terceiro bloco propõe aplicações para estes experimentos buscando estudar o julgamento de estímulos visuais em diferentes classes de doenças psicológicas e do desenvolvimento visual, como a depressão maior, em parceria com o Hospital Universitário da USP, em ambliopia e em sujeitos com baixa visão por diferentes condições oculares. Este estudo será realizado com estudantes universitários com idade entre 18 e 25 anos.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são claros e apresentados ao participante de forma satisfatória.

Análise dos Riscos e Benefícios:

O TCLE menciona claramente a ausência tanto de riscos quanto de benefícios aos participantes. No entanto, caso ocorra um desconforto durante o experimento, é importante mencionar qual o

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep@usp.br

procedimento que será adotado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De modo geral, a pesquisa tem projeto bem apresentado e de fácil compreensão. No que se refere aos aspectos éticos que devem ser avaliados por este comitê, os pesquisadores mencionam repetidamente que o estudo contará com a participação de sujeitos saudáveis (140 universitários) e com a participação de diversos grupos de participantes com diferentes classes de doenças psicológicas e do desenvolvimento visual, como a depressão maior, em ambliopia e em sujeitos com baixa visão por diferentes condições oculares. Não há detalhes sobre que tipo de pacientes compõem estes diferentes grupos. Não se pode portanto, prever questões de cunho ético relacionadas aos possíveis grupos estudados. Contudo, não é possível excluí-las.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE apresenta de forma clara os objetivos da pesquisa e todos os procedimentos envolvidos na participação no estudo. Existem erros tipográficos que poderiam ser corrigidos.

Recomendações:

Caso ocorra um desconforto durante o experimento, é importante mencionar qual o procedimento que será adotado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto é bem apresentado e apesar de não apresentar especificamente os grupos de pacientes a serem avaliados, não parece haver questões éticas como um problema relacionado a pesquisa.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO PAULO, 08 de Abril de 2013

Assinador por:

FRAULEIN VIDIGAL DE PAULA
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep@usp.br

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Fatores Sensoriais Visuais que Influenciam o Dimensionamento Subjetivo na Percepção de Tamanho: Um Estudo de Escalonamento Psicofísico

Pesquisador: ADSSON ROBERTO MAGALHAES ARAUJO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 15409013.4.0000.5561

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 389.228

Data da Relatoria: 01/07/2013

Apresentação do Projeto:

É proposto uma série de experimentos que visam o estudo de como características de estimulação influenciam no escalonamento psicofísico, por tarefa de estimativa de magnitude direta. O projeto está dividido em três grandes blocos de experimentação: experimentos chamados de básicos, cujos objetivos são os de abordar elementos sensoriais básicos para a visão espacial como contraste e resolução espacial podem interferir nos julgamentos para estímulos simples, como retas e círculos; experimentos chamados de exploração metodológica, nos quais buscam manipular experimentalmente fatores como valores de referência, indução de sensações como tamanho induzindo de distância; o terceiro bloco propõe aplicações para estes experimentos buscando estudar o julgamento de estímulos visuais em diferentes classes de doenças psicológicas e do desenvolvimento visual, como a depressão maior, em parceria com o Hospital Universitário da USP, em ambliopia e em sujeitos com baixa visão por diferentes condições oculares. Este estudo será realizado com estudantes universitários com idade entre 18 e 25 anos.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são claros e apresentados ao participante de forma satisfatória.

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 **E-mail:** cep@ipq.usp.br

Continuação do Parecer: 389.228

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O TCLE menciona a ausência tanto de riscos quanto de benefícios aos participantes. No entanto, caso ocorra algum desconforto durante o experimento, seria importante mencionar qual o procedimento que será adotado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De modo geral, a pesquisa tem projeto bem apresentado e de fácil compreensão. No que se refere aos aspectos éticos que devem ser avaliados por este comitê, os pesquisadores mencionam repetidamente que o estudo contará com a participação de sujeitos saudáveis (140 universitários) e com a participação de diversos grupos de participantes com diferentes classes de doenças psicológicas e do desenvolvimento visual, como a depressão maior, em ambliopia e em sujeitos com baixa visão por diferentes condições oculares. Não há detalhes sobre que tipo de pacientes compõem estes diferentes grupos. Não se pode portanto, prever questões de cunho ético relacionadas aos possíveis grupos estudados. Contudo, não é possível excluí-los.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE apresenta de forma clara os objetivos da pesquisa e todos os procedimentos envolvidos na participação no estudo. Existem erros tipográficos que poderiam ser corrigidos.

Recomendações:

Caso ocorra um desconforto durante o experimento, é importante mencionar qual o procedimento que será adotado. O projeto é bem apresentado e apesar de não apresentar especificamente os grupos de pacientes a serem avaliados, não parece haver questões éticas como um problema relacionado à pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Embora reapresentado, não foi identificada nenhuma modificação em relação ao texto do projeto anteriormente apresentado (com parecer substanciado Aprovado), a não ser a condução de projeto piloto.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SÃO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: cep@usp.br

SAO PAULO, 10 de Setembro de 2013

Assinador por:
FRAULEIN VIDIGAL DE PAULA
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: cep@usp.br