

PSICOFÍSICA CLÍNICA

Marcelo Fernandes da Costa

Resumo: Apresentamos a Psicofísica como uma ciência aplicada nas investigações e nas abordagens e diagnósticos clínicos. Inicialmente, introduzimos algo dos aspectos epistemológicos e teóricos da área, passamos para as abordagens que a Psicofísica pode apresentar na aplicabilidade clínica e, por fim, discutimos os avanços recentes da aplicação clínica, apresentamos as experiências de nosso laboratório de pesquisa clínica em psicofísica, finalizando com as perspectivas de ampliação do uso da psicofísica para investigações clínicas de funções perceptuais mais complexas.

Palavras-chave: Psicofísica. Clínica psicológica. Percepção. Psicologia experimental.

A Psicofísica, juntamente com a psicofisiologia, é o ramo mais antigo da Psicologia atual, esta que se dedica ao estudo dos comportamentos, do cérebro e dos processos mentais, seja de um indivíduo ou de um grupo (Gazzaniga & Heatherton, 2007; VandenBos, 2010). Quando Gustav T. Fechner desenvolveu a Psicofísica, seu objetivo era de apresentar um método científico de estudo das relações entre corpo e mente, ou, mais precisamente, entre os mundos físico e fenomenológico (Fechner, 1860). Para ele, o mundo físico e o mundo psicológico eram apenas reflexos diferentes da mesma realidade. Os processos do corpo (os processos cerebrais) seriam os processos de um ponto de vista externo ou objetivo, enquanto que os processos mentais se refeririam aos processos internalizados ou subjetivos.

A fisiologia sensorial na época em que a psicofísica foi desenvolvida era apoiada apenas no fenômeno subjetivo, isto é, na percepção, em vez de atividades neurais e potenciais elétricos registrados em receptores sensoriais. No entanto, Fechner criou o conceito de Psicofísica Interna para se referir às funções neurais ou às relações sensoriais e as suas respectivas atividades neurais que a suportam. Ele tinha consigo que os eventos neurais, ainda bastante desconhecidos naquele momento, tinham parte importante no entendimento desta relação entre mundo objetivo e subjetivo. Assim, Fechner considerava como Psicofísica Externa a relação entre sensações (ou seja, o fenômeno) e as correspondentes propriedades físicas e as variações dos próprios objetos (Scheerer, 1992). A Psicofísica Interna se manteve no plano dos conceitos teóricos enquanto que a Psicofísica Externa proporcionou a base para a criação de métodos de estudo dos processos sensoriais e cerebrais.

Podemos entender que a concepção de psicofísica para Fechner colocava em um extremo o evento físico, caracterizado pela apresentação controlada e sistemática de suas características físicas, ligada ao outro extremo pelo evento subjetivo, caracterizado pela resposta sensorial ou perceptual. Assumindo uma posição central entre estes dois eventos, Fechner posicionava a atividade neural que serviria de substrato fisiológico do evento perceptual. Temos, então, a descrição de uma relação entre os eventos subjetivos com as atividades neurais, mantidas em plano teórico. Eis o ponto forte da Psicofísica. Pela ligação comum que se faz da Psicofísica Externa com a Psicofísica Interna pelos eventos subjetivos, temos a possibilidade de inferir regras sensoriais ou neurais para o processamento e a transformação do estímulo.

Este ponto forte atraiu a atenção de muitos pesquisadores e o estudo dos processos internos e fenômenos subjetivos com métodos psicofísicos foi o eixo central por onde se desenvolveu não só a psicologia experimental, mas também a fisiologia sensorial. Métodos psicofísicos foram utilizados por pesquisadores pioneiros no campo da pesquisa sensorial como Helmholtz, Hering, Mach e Weber (Jung, 1984) proporcionando a base de muitas discussões e descobertas fundamentais para o entendimento dos mecanismos sensoriais.

Cabe neste ponto um breve aparte para mencionar que Fechner antecipou um dos principais objetivos das neurociências em nossos dias, o qual busca estabelecer correlações entre eventos neurais (objetivos) e perceptuais (subjetivos).

Com o desenvolvimento de vários métodos objetivos, como a eletrofisiologia (incluindo a eletroencefalografia, os potenciais evocados e os registros em células isoladas), a magnetoencefalografia e a ressonância magnética funcional, recentemente têm proporcionado o estudo dos processamentos sensoriais e cerebrais, bem como a suas respectivas localizações anatômicas e marcações temporais.

A concepção moderna de Psicofísica propõe uma complementação, acrescentando aos conceitos de psicofísica interna e externa, a neurofisiologia. Com a possibilidade de se medir objetivamente eventos neurais, surgiram possibilidades de estudos quantitativos correlacionais entre a percepção e os correlatos neurais destas. Neste quadro atual, a Psicofísica externa se mantém como a relação entre as alterações realizadas no estímulo e as alterações nas respostas subjetivas. A psicofísica interna passa a ser uma avaliação quantitativa da atividade neural durante os processos perceptuais e, a aquisição da neurofisiologia para o estudo das percepções completa a lacuna das relações quantitativas entre as manipulações nos objetos físicos e as suas respectivas respostas neurais.

A compreensão dos processos internos está continuamente ganhando conteúdo que nos permite, cada vez mais, ter acesso aos eventos mentais mais complexos. Estudos correlacionais envolvendo psicofísica, eletrofisiologia e avaliação de atividade cerebral por técnicas de neuroimagem funcional, estão na fronteira do conhecimento sobre a mente. Embora a psicofísica interna ainda se encontre mais próxima do campo teórico, ela não está mais dependente apenas da psicofísica externa (Snook, 1999). Isto faz com que o conhecimento dos fenômenos e respostas subjetivas e, certamente, dos eventos mentais, ganhe outra dimensão. O uso do conhecimento das funções sensoriais e cerebrais direciona a psicofísica interna para avaliações cada vez mais precisas e específicas. Assim, a significância perceptual hipotetizada para um dado mecanismo ou área cerebral pode ser determinada por meio de testes psicofísicos, como apontam Wist, Ehrenstein, Schrauf e Schraus (1998).

Este trabalho busca mostrar que a psicofísica, após receber extensões e modificações metodológicas, mantém ativa a sua atividade científica, contribuindo ao lado das neurociências para as descobertas das propriedades da mente e de sua relação com o cérebro. Uma contribuição da psicofísica que atualmente está ganhando a atenção de psicólogos e neurocientistas está relacionada com a utilização clínica de métodos psicofísicos voltados para o entendimento do desenvolvimento do substrato neural, das atividades mentais e do impacto de doenças no sistema nervoso sobre estas estruturas e funções. Além do desenvolvimento, os estudos psicofísicos podem nos oferecer valiosas quantificações e informações sobre processamento mental de aspectos emocionais (Wesner & Tan, 2006), motivacionais (Burseg, Linforth, Hort, & Taylor, 2009; Cardello, Schutz, Leshner, & Merrill, 2005; Eisler & Eisler, 1994), sociais (Dercole & Davenport, 1974), cognitivos (Fetterman, 1995) e outros em pacientes neurológicos e psiquiátricos.

A Psicofísica na Clínica

Para alguns leitores, os parágrafos anteriores podem gerar um aparente paradoxo, referente ao ponto de partida psicofísico, ou seja, este requer uma objetivação da experiência subjetiva. Não necessitamos de nenhuma ferramenta, técnica ou instrumento para se obter as percepções. Estas são imediatamente apresentadas e disponibilizadas em cada um de nós. Portanto, a questão crítica não é como se obter as percepções, mas como descrever e investigar as percepções individuais para que possam ser compartilhadas com outros.

A psicofísica lida com este problema ligando de maneira muito próxima a experiência perceptual ao estímulo físico, utilizando-o como um sistema de referência. As características do estímulo físico são cuidadosamente e sistematicamente manipuladas e os observadores devem relatar suas percepções. Desta forma, a sua metodologia permite o estudo de eventos conscientes que geram contribuições variadas, para muitas áreas afins com a psicologia. Dividimos estas contribuições nos parágrafos que se seguem, apenas com o objetivo e apontar algumas das disciplinas que, ligadas à clínica, recebem mais intensamente contribuições desta área da ciência psicológica.

Contribuições empíricas para a epistemologia

Uma vez colocados, a experiência subjetiva e os eventos do mundo físico muito proximamente ligados, podemos considerar que os métodos psicofísicos podem se apresentar como um método de estudo experimental para as questões epistemológicas da percepção. Historicamente, o ponto central com relação à percepção é se e como crenças sobre o mundo físico podem ser justificadas ou garantidas com base nas experiências sensorio-perceptuais (Bonjour, 2007). A psicofísica aborda diretamente e empiricamente este ponto crucial, do ponto de vista epistemológico e, certamente, as manipulações de atributos e características físicas e suas repercussões e representações subjetivas são contribuições científicas para a epistemologia das percepções e, conseqüentemente, da consciência (Dodwell, 1985).

A grande arte da Psicofísica está em formular uma questão simples e precisa o bastante para se obter uma resposta convincente. Os estudos psicofísicos, habitualmente, começam com perguntas simples que buscam encontrar as capacidades e limites do evento perceptual mais simples, a detecção, em uma dada dimensão de uma modalidade física. Questões como, por exemplo – Você ouve este tom? Você enxerga uma luz? – buscam investigar estes limites do mundo físico acessíveis pela consciência. Níveis mais complexos do processamento mental consciente podem ser explorados buscando-se não mais apenas saber sobre a capacidade

de detecção, mas da habilidade de identificação do atributo físico, ou seja, quais são as características do estímulo físico que se pode perceber (Alsaleh, 2004; George, 1957; Rossi, 2007). Por exemplo, eu posso perceber visualmente um estímulo físico muito distante, sem ser capaz de identificá-lo como o faria se este estivesse dentro dos limites que permitam esta identificação.

Resolvidos os problemas da detecção e da identificação, passamos para situações experimentais de um nível mais próximo da complexidade do mundo, buscando avaliar objetivamente, as capacidades de discriminação do indivíduo. A importante diferença entre a medida de discriminação e as anteriores se deve ao fato de que sob condições de sinais físicos fracos e ruidosos (aqui entendido como o emaranhado de características críticas em estudo com outros elementos físicos que prejudicam as performances de nossas capacidades sensoriais), falhamos em identificar o que é e de onde vem ou onde está o estímulo em questão (Rossi, 2007; Stoffregen & Bardy, 2001) no ambiente.

A aplicação de avaliações psicofísicas em ambiente clínico, portanto, pode fornecer elementos empíricos para o estudo de questões epistemológicas da percepção, do desenvolvimento das habilidades mentais conscientes e da investigação de como o mundo físico é percebido pelos pacientes com diferentes doenças, como na paralisia cerebral, esquizofrenia, autismo, depressão, nas intoxicações, entre outras.

Não cabe neste texto nos estendermos sobre este tópico, mas os experimentos psicofísicos podem nos oferecer dados que auxiliem as discussões epistemológicas sobre a percepção, como, por exemplo, o relativismo perceptual, a questão das ilusões, ambas relacionadas com a experiência imediata do objeto; podem também abordar questões de justificativa externa, mais conhecida como confiabilismo, estudando as modificações físicas dos estímulos e a manutenção ou não dos processos perceptuais.

Contribuições na Avaliação Funcional

O estudo das funções sensoriais e perceptuais é, certamente, a aplicação mais evidente e clara que a psicofísica oferece aos estudos clínicos: a avaliação quantitativa e sistemática das funções sensoriais e perceptuais buscando o entendimento sobre desenvolvimento destas funções e sobre o impacto que lesões no sistema nervoso e estruturas sensoriais periféricas acarretam nas suas respectivas funções (Rossi, 2007; Stoffregen & Bardy, 2001).

A grande precisão das respostas, em parte por ser um processo quantitativo e sistematizado, realizado em ambiente controlado, e em parte pela variedade de informações que os métodos psicofísicos permi-

tem acessar em suas medidas, fez com que muitas outras áreas do conhecimento se utilizassem da psicofísica como método complementar. Com respeito à inserção clínica, nosso foco neste texto, as áreas médicas e paramédicas absorveram para seus procedimentos diagnósticos muitos testes psicofísicos. Para citar alguns, temos que a fonoaudiologia realiza curvas de sensibilidade audiométrica, a oftalmologia realiza medidas de acuidade visual, sensibilidade ao contraste e visão de cores, a neurologia testes para dor etc.

No entanto, o que esses procedimentos têm em comum é o fato de todos realizarem medidas de limiares sensorio-perceptuais.

A função básica de todo sistema sensorial é a captação de energia do ambiente. Essa energia pode ser química – como no caso do paladar e do olfato –, pode ser eletromagnética – como no caso da visão –, mecânica – como na audição, toque e propriocepção, ou ainda energia térmica. Para que um dado estímulo seja percebido, há a necessidade de certa quantidade de energia. Consequentemente, uma medida que faz muito sentido é a do limiar absoluto, que é a menor quantidade de energia emitida por um estímulo necessária para ser percebido ou, como disse Fechner, “elevar sua sensação sobre o limiar da consciência” (Fechner, 1860, tradução nossa).

Temos, então, que o limiar absoluto é a intensidade que um observador pode apenas detectar. Grande parte dos métodos psicofísicos busca a avaliação quantitativa destes limiares. Estas medidas nos informam como estão as capacidades funcionais de um dado sistema sensorial, para uma dada característica do mundo físico. Por ser uma medida muito precisa, ela sofre alterações em decorrência de modificações e danos estruturais dos tecidos relacionados aos sistemas sensoriais.

Modificações nos limiares são utilizadas para o diagnóstico precoce de muitas doenças sistêmicas e do sistema nervoso, pois, muitas vezes, as alterações detectadas são subclínicas, ou seja, ocorrem antes da possibilidade de identificação de alterações anatômicas e fisiológicas nos respectivos tecidos dos órgãos sensoriais (ver em exemplos de aplicações clínicas).

A quantificação do limiar, portanto, nos dá o valor de detectabilidade para um dado estímulo. Além da medida deste valor, podemos extrair importantes informações que nos auxiliarão a ter um quadro clínico mais completo das funções perceptuais e dos primeiros estágios da função mental consciente. Medidas de variabilidade sensorial, de comportamento linear da percepção com as dimensões físicas manipuladas (Houstoun & Shearer, 1930; Stevens, 1957), de capacidade funcional discriminativa em tarefas de comparação (Baranski & Petrusic, 1992; Hanna, von Gierke, & Green, 1986; Hecht, 1924; Mallery, Olomu, Uchanski, Militchin, & Hullar, 2010; Ross, 1997), medidas de valores perceptuais para grupos e populações (Deco & Rolls, 2006; Dzhafarov & Colonius, 2007; Sturzel & Spillmann, 2004;

Warren, 2006) são apenas alguns exemplos do quão informativa é a avaliação psicofísica e de quanto será enriquecido o conhecimento clínico de doenças que afetam os processos mentais, com a adição de sua clínica na psicologia.

Por serem métodos confiáveis, as quantificações psicofísicas podem ser utilizadas para a monitoração da evolução de doenças, dos efeitos de tratamentos terapêuticos clínicos, medicamentosos ou cirúrgicos. A psicofísica tem, nos últimos anos, ganhado cada vez mais espaço dentro das atividades clínicas e, certamente, apresenta um futuro muito promissor como atividade psicológica.

Contribuições para a Fisiologia Sensorial

Este ponto retoma o conceito de Psicofísica Interna, o qual busca a relação entre os eventos perceptuais e os eventos neurais. A Psicofísica Interna, portanto, depois de permanecer no campo teórico, foi adquirindo crescentemente espaço nas pesquisas em psicofisiologia da sensação e da percepção e, atualmente, é uma das áreas de maior interesse das ciências psicológicas e da saúde. A psicofísica pode, pelas características intrínsecas de sua metodologia, inferir sobre os processos fisiológicos das vias sensoriais e perceptuais em atividade, em um dado contexto de estimulação ambiental.

Vale lembrar que, como ciência, a psicologia estuda o comportamento, não se restringindo apenas a humanos, mas cabe a ela o estudo comportamental dos seres vivos. Argumentos de que nós não podemos saber o que um animal percebe de fato ocorrem com frequência. Porém, temos que ter em mente que este problema é pertinente tanto para os animais quanto para nós humanos. O desafio da psicofísica está exatamente no desenho e controle de estímulos e das condições experimentais que eliminem todas as possibilidades de pistas ou eventos externos que possam influenciar no sucesso de uma detecção ou discriminação (Baird & Harder, 2000; Braddick, 1997; Green, 1990; Harrad, 1996; Palmer, Verghese, & Pavel, 2000; Soechting & Flanders, 1995; Treutwein, 1995; Yarnitsky, 1997). Os estudos com animais avançaram enormemente no desenvolvimento de paradigmas experimentais de tarefas de detecção e discriminação sensoriais (Celebrini & Newsome, 1994; Guilhardi, Macinnis, Church, & Machado, 2007; Harmening, Nikolay, Orłowski, & Wagner, 2009; Hodos, Weiss, & Bessette, 1988; Merchant, Battaglia-Mayer, & Georgopoulos, 2003). Esses avanços permitiram que muitos desses métodos fossem extrapolados para o uso em humanos, especialmente em bebês e crianças não verbais como relatado por Janette Atkinson, psicóloga do desenvolvimento da University College of London, com pesquisa nas áreas de métodos para pesquisa em desenvolvimento e neurociência do desenvolvimento visual (Atkinson & Braddick, 1999).

No final do século 19, estudos psicofísicos evidenciaram a existência de três entradas sensoriais para a composição perceptual de toda a gama de cores que somos capazes de ver (Maxwell, 1890). Somente na década de 60 do século que houve o achado fisiológico correspondente, mostrando a existência de receptores sensoriais (fotorreceptores) que apresentavam três diferentes picos de sensibilidade em diferentes comprimentos de onda da luz (Wald, 1964).

Outros exemplos incluem as mais variadas modalidades sensoriais e os estudos que buscam elucidar mecanismos fisiológicos por meio de medidas psicofísicas. Danos nas vias visuais causados pelo glaucoma, doença caracterizada pelo aumento da pressão ocular e morte de neurônios da retina, são intensamente estudados por métodos psicofísicos e proporcionam, cada vez mais, conhecimentos sobre as alterações fisiológicas desta doença ocular (Anderson, 2006; Hitchings, 1993). Estudos encontraram medidas eletrofisiológicas que sustentam a percepção e análise de orientação espacial (Wenderoth & Johnstone, 1987). A variação na proporção de fotorreceptores com pico de sensibilidade para comprimentos de onda médios e longos foi evidenciada com extrema precisão pela psicofísica (Kremers et al., 2000). Estudos do paladar têm recebido grande aporte de conhecimento das áreas das ciências moleculares, porém, medidas psicofísicas são utilizadas para determinação fisiológica dos diferentes sabores (Bartoshuk, 1988; Bartoshuk & Beauchamp, 1994). Efeitos supressivos de rivalidade binocular têm auxiliado neurocientistas no entendimento frente aos mecanismos neurais do processamento inconsciente (Breitmeyer, Koc, Ogmen, & Ziegler, 2008). A fisiologia dos sentidos táteis e de pressão é conhecida, em parte, pelos resultados de experimentos psicofísicos (Labs, Gescheider, Fay, & Lyons, 1978; Lak, Arabzadeh, Harris, & Diamond, 2010).

A possibilidade que a psicofísica oferece para estudos empíricos da consciência, das funções sensoriais e perceptuais, além de elucidar mecanismos fisiológicos, com medidas não invasivas, torna esta área da psicologia uma forte aliada para as questões clínicas. Veremos, brevemente, algumas aplicações da psicofísica na clínica psicológica e sua contribuição para o entendimento do desenvolvimento humano normal ou não, bem como nos processos de doença.

Recentes Aplicações Clínicas da Psicofísica

Uma das características da psicofísica é a necessidade de uma quantidade considerável de apresentações de estímulos em cada condição a ser testada. Evidentemente, a transição da psicofísica de “laboratório” para a psicofísica aplicada em ambiente clínico se deve a uma intensa atenção gasta para o desenvolvimento de paradigmas experi-

mentais, os quais fossem capazes de manter a precisão e a confiabilidade das avaliações, mas que apresentassem um tempo de avaliação passível de uma aplicação clínica (Anderson, 2003; Bardin, 1978; Bonnet, 1994; Brown, 1996).

Fazem parte desta vertente, fortemente direcionada para a inovação metodológica, a criação de programas computacionais que permitem a construção de rotinas psicofísicas completas (Brainard, 1997; Peirce, 2007), desenvolvimento de métodos adaptativos que modificam dinamicamente, mas baseado em regras específicas, as estratégias de apresentação de estímulos (Anderson, 2003; Brainard, 1997; Fitzke, 1988; Garcia-Perez, 1998, 2002), as construções de algoritmos matemáticos e estatísticos permitindo uma manipulação dos parâmetros baseado em dados empíricos prévios e avaliações quantitativas com referências probabilísticas (Garcia-Perez & Alcalá-Quintana, 2007, 2009; Hurlimann, Kiper, & Carandini, 2002; Jazayeri, 2008; King-Smith, Grigsby, Vingrys, Benes, & Supowit, 1994; King-Smith & Rose, 1997; Lewis & Maurer, 1986; MacLin, Peterson, Hashman, & Flach, 2009; Roesch, Sander, Mumenthaler, Kerzel, & Scherer, 2010; Zychaluk & Foster, 2009) e, certamente, o próprio avanço tecnológico que permite nos servirmos cada vez mais de sofisticadas técnicas computacionais e equipamentos de alta precisão com custos cada vez menores e de portabilidade cada vez maiores.

Ao longo de décadas de estudo e aprimoramento metodológico, contribuições clínicas estão crescentemente fazendo parte do universo da psicofísica. Seguem alguns exemplos da extensão clínica alcançada: estudos sobre a capacidade de discriminação de elementos espaciais e suas variações de intensidade de luz são utilizados como procedimento de diagnóstico e acompanhamento de tratamento de doenças oculares como as alterações retinianas causadas pela diabetes *melitus* tipo 2 (Zeman, Knight, & Cullen, 1990; Winkler, 1981; Bek, Moller, & Klausen, 2000; Jerneld & Algvere, 1987; Gualtieri, Nishi, Lago, & Ventura, 2005), glaucoma, caracterizado por alterações anatômicas do nervo óptico e aumento da pressão intraocular (Bhola, Keech, Olson, & Petersen, 2006), neurite óptica, que é uma inflamação do nervo óptico (Beck, Kupersmith, Cleary, & Katz, 1993; Beck et al., 1997) e em perda da percepção visual, sem causa ocular orgânica, aparente no exame clínico, chamada de ambliopia (Barnes, Hess, Dumoulin, Achtman, & Pike, 2001). Outros estudos se preocupam com medidas que possam ser sensíveis para apontar alterações de meios ópticos de nossos olhos e na capacidade de detecção de estímulos visuais (Blommaert, Heynen, & Roufs, 1987), como, por exemplo, a catarata (Catalano, Simon, Jenkins, & Kandel, 1987; Chia & Martin, 2001; Gwiazda, Wolfe, Brill, Mohindra, & Held, 1980; Howes, Caelli, & Mitchell, 1982). Medidas de eventos dinâmicos são frequentemente usadas como indicadores de danos no sistema sensorial visual, como nas intoxicações por drogas terapêuticas de uso clínico (Al Khamis & Easterbrook, 1983).

As doenças neurológicas ou com efeito no sistema nervoso central muito frequentemente afetam os processamentos sensoriais e perceptuais. Dentre estes, o sistema visual é o que mais apresenta relatos de danos em suas funções (Hoyt, 2003; Huo, Burden, Hoyt, & Good, 1999; Massof, 2002). Exemplos são as alterações de percepção de profundidade e percepção de cores em pacientes com lesão no hemisfério cerebral esquerdo (Jerneld & Algvere, 1987; Koh et al., 2008), prejuízo na percepção de profundidade na demência de origem vascular (Massof, 2002; Mittenberg, Choi, & Apple, 2000), alterações da discriminação espacial na hidrocefalia (Oud, Steggerda, Nanninga-Van den Neste, Gooskens, & Van Nieuwenhuizen, 1999), de discriminação espacial e de cores na esclerose múltipla (Mowry et al., 2009) e em uma das mais comuns doenças neurológicas na infância, a paralisia cerebral (Arp & Fagard, 2005; Barca, Cappelli, Di, Staccioli, & Castelli, 2010; Black, 1982; Dutton, McKillop, & Saidkasimova, 2006; Govind & Lamba, 1988; Hertz, 1987; Kozeis et al., 2007; Porro et al., 1998; Costa et al., 2002; da Costa, Salomao, Berezovsky, de Haro, & Ventura, 2004).

O desenvolvimento dos elementos básicos para a formação dos processos mentais e da geração dos comportamentos permanece intensamente estudado pela psicofísica. A percepção de espaço físico apresenta uma significativa quantidade de estudos. O limite mínimo de separação entre dois elementos espaciais, classicamente conhecido como acuidade visual, é uma das funções visuais mais estudadas durante o desenvolvimento (Allen, Tyler, & Norcia, 1996; Atkinson & Braddick, 1978). Nossa capacidade funcional para perceber elementos espaciais como separados é muito rudimentar ao nascimento, o que faz com que percebamos apenas elementos de grande tamanho. Durante os primeiros 6 meses de vida há um intenso desenvolvimento que após entra em um quase-platô. Ao redor de 18 meses temos outro período de desenvolvimento, e mais outro aos 30 meses (Teller & Movshon, 1986; Teller, 1990). Capacidades perceptuais similares às dos adultos são obtidas para idades entre 36 e 48 meses (Salomao & Ventura, 1995; Woodhouse, Morjaria, & Adler, 2007).

Não só nos interessa medir os limiares da visão para os detalhes finos do espaço, mas outro atributo fundamental é a relação espacial entre os níveis de brilho, ou luminância, destes elementos. Elementos separados no espaço, mas com mesmo brilho, não podem ser percebidos. No entanto, com o desenvolvimento das capacidades sensorio-perceptuais nos tornamos capazes de perceber diferenças entre os contrastes que podem chegar a valores tão pequenos quanto 0,03% (Adams & Courage, 1996). Diferente da acuidade visual, a percepção para intensidades luminosas tem um desenvolvimento mais lento e somente na adolescência (entre 15-18 anos) é que obtemos nossa capacidade funcional máxima (Gwiazda, Bauer, Thorn, & Held, 1997). Estudos mostram que bebês saudá-

veis com 18 semanas de vida já são capazes de diferenciar movimentos absolutos de movimentos relativos (Banton & Bertenthal, 1996).

Estas medidas não só nos permitem acompanhar o desenvolvimento das funções perceptuais, mas, também, realizar inferências sobre as medidas destas capacidades preditivamente, inclusive em pacientes (Zubcov et al., 2002) como crianças com Síndrome de Down (Courage, Adams, Reyno, & Kwa, 1994) e hemiplegia (Gunn et al., 2002). Estes são uns poucos exemplos de estudos sobre desenvolvimento perceptual e suas aplicações clínicas. Existem muitas outras pesquisas relacionadas que cobrem outras funções visuais, como, por exemplo, discriminação de cores (Gwiadzda et al., 1997; Knoblauch, Vital-Durand, & Barbur, 2001; Morrone, Burr, & Fiorentini, 1990; Morrone, Burr, & Fiorentini, 1993) e percepção de eventos dinâmicos e percepção de movimento (Banton & Bertenthal, 1996; Ellemberg, Lewis, Maurer, Brar, & Brent, 2002; Hamer & Norcia, 1994; Schrauf, Wist, & Ehrenstein, 1999; Stein, 2003; Wattambell, 1994).

Recentemente, estudos psicofísicos têm contribuído para o entendimento de eventos mentais e fisiológicos presentes em muitos quadros clínicos de doenças relacionadas ao desenvolvimento, como o autismo, a dislexia e doenças neuropsiquiátricas, como a esquizofrenia, o Mal de Parkinson e a depressão. Crianças autistas apresentam um intrigante aspecto com relação à integração das informações sensoriais essencial para a construção perceptual. Estudos mostram que as capacidades sensoriais, ou seja, capturar e processar os estímulos do ambiente, são semelhantes ou até mesmo melhores do que a das crianças com desenvolvimento normal (Cascio et al., 2008; Markedly..., 2009). No entanto, falhas evidentes ocorrem no processamento perceptual, desde eventos como o movimento de elementos espaciais (Bertone, Motttron, Jelenic, & Faubert, 2003; Blake, Turner, Smoski, Pozdol, & Stone, 2003) e percepção de forma (Spencer & O'Brien, 2006) até a capacidade de reconhecer estados mentais de expressão facial, prejudicando o contato social eficiente (Back, Jordan, & Thomas, 2009; Pellicano, Gibson, Maybery, Durkin, & Badcock, 2005; Pellicano, Jeffery, Burr, & Rhodes, 2007).

Déficits de processamento visual são bem conhecidos nos indivíduos com esquizofrenia e têm, potencialmente, importantes implicações clínicas: o padrão de alterações para diferentes tarefas visuais pode ajudar a entender os mecanismos patofisiológicos da disfunção visual; estratégias terapêuticas de reabilitação mostram uma melhora em muitas destas funções (Brittain, Ffytche, McKendrick, & Surguladze, 2010). Estudos apontam para um prejuízo de funções visuais para todos os tipos de esquizofrenias, porém, nos casos de pacientes com sintomas leves e moderados, os déficits visuais eram menos pronunciados quando comparados aos déficits de indivíduos acometidos mais severamente (Dooop & Park, 2009; Marsh & Williams, 2006; Nelson, Combs, Penn, & Basso, 2007).

Além destes breves relatos, a avaliação psicofísica tem adquirido cada vez mais inserção na clínica psicológica, neurológica e psiquiátrica. Estudos psicofísicos estão, crescentemente, investigando alterações sensorio-perceptuais em diversas patologias e estados mentais, seja para o entendimento da fisiologia das próprias funções, seja para o entendimento sobre o quadro clínico das respectivas doenças.

Nossa Experiência em Psicofísica Clínica

Desenvolvemos nossos estudos de Psicofísica Clínica no Laboratório da Visão, pertencente ao Setor de Psicofísica e Eletrofisiologia Visual Clínica do Departamento de Psicologia Experimental da Universidade de São Paulo. Duas linhas principais de pesquisa seguem simultaneamente: desenvolvimento sensorial e perceptual e estudo de funções perceptuais em neuropatologias, incluindo doenças genéticas e adquiridas, que levam a prejuízos no sistema nervoso central. As funções sensorio-perceptuais do sistema visual foram adotadas como modelo experimental e são sistematicamente estudadas, visando à aplicação clínica destes conhecimentos.

A habilidade para discriminar elementos espaciais e seu desenvolvimento é objeto de estudo intenso, tanto para o estabelecimento de valores de normalidade (Salomao & Ventura, 1993, 1995) quanto para a aplicação na clínica como método de triagem de alterações funcionais da visão (Salomao, Berezovsky, Haromunoz, & Ventura, 1994). O desenvolvimento de normas para testes de funções perceptuais é de fundamental importância na prática clínica, uma vez que serve de parâmetros para classificações e diagnósticos. Estudos comparando o desenvolvimento normal destas funções foram comparados com o desenvolvimento de bebês prematuros (Salomao et al., 1994; Salomao et al., 2000; Salomao, Berezovsky, De Haro, Goldchmit, & Ventura, 2001), bem como em bebês com doenças oculares (Haromunoz, Berezovsky, Ventura, Moreira, & Salomao, 1995) e genéticas (Lima, Bonci, Grotzner, Ribeiro, & Ventura, 2003). Pesquisas correlacionais também são realizadas, com a intenção de se obter informações a respeito dos sítios fisiológicos responsáveis pelo processamento e pela alteração na percepção espacial (Costa et al., 2001; da Costa et al., 2004; Oliveira, Costa, & Ventura, 2005; Oliveira, Costa, de Souza, & Ventura, 2004; Salomao et al., 1999; Ventura et al., 2003c; Ventura et al., 2004).

A visão cromática e seu desenvolvimento também são temas pesquisados. Estudos teóricos e metodológicos buscam identificar fatores associados ao desempenho e a condições de testagem em tarefas de discriminação de cores (Costa, Ventura, Perazzolo, Murakoshi, & Silveira, 2006), bem como entender como se processa o desenvolvimento desta função

perceptual (Goulart et al., 2008; Ventura et al., 2002; Ventura et al., 2003b). O conhecimento do desenvolvimento normal para a percepção de cores é fundamental para se entender limitações e deficiências apresentadas por grupos específicos da população, como, por exemplo, as crianças com Distrofia Muscular de Duchenne, as quais apresentam um alto índice de perda perceptual para cores do eixo verde-vermelho (Costa, Ventura, Pavanello, Cerqueira, & Zatz, 2004; Costa et al., 2005; Costa, Oliveira, Feitosa-Santana, Zatz, & Ventura, 2007).

Uma importante conclusão obtida pelos estudos com cores é de que esta função visual se apresenta como um poderoso indicador de lesões no sistema nervoso ainda em estágios subclínicos, ou seja, com o paciente considerado normal. O diabetes melito tipo 2 (Feitosa-Santana et al., 2006a; Gualtieri et al., 2005; Rodrigues et al., 2007; Ventura et al., 2003a) e a intoxicação ocupacional por vapor de mercúrio foram as condições envolvidas nestes estudos (Barboni et al., 2008; Barboni et al., 2009; Canto-Pereira et al., 2005; Feitosa-Santana et al., 2006b; Feitosa-Santana, Costa, Lago, & Ventura, 2007; Feitosa-Santana et al., 2008; Gualtieri et al., 2004; Rodrigues et al., 2007; Ventura et al., 2003c; Ventura et al., 2004). Estes últimos apresentam também um importante fator social, uma vez que os pacientes tiveram a exposição ocorrida em ambiente de trabalho.

Doenças genéticas, como a Neuropatia Óptica Hereditária de Leber, doença que acomete adolescentes e adultos jovens do sexo masculino, levando à cegueira abrupta, têm recebido grande contribuição de nossas avaliações psicofísicas. Mostramos que já há uma redução na função visual nos homens que são apenas portadores do gene para a doença (Sadun et al., 2004; Ventura et al., 2005a; Ventura et al., 2005b) e que existem vias visuais específicas afetadas enquanto outras permanecem funcionalmente normais (Gualtieri et al., 2004; Gualtieri et al., 2008; Ventura et al., 2007).

Análise Crítica Final

O objetivo deste artigo foi o de delinear algumas das principais questões teóricas e metodológicas da psicofísica e apresentar suas contribuições para a clínica psicológica, seja por avaliação de funções sensoriais e perceptuais com fins de classificação e diagnóstico, seja para fins de pesquisa clínica. Além do evidente papel clínico, mostramos brevemente que a psicofísica pode ser aplicada para a pesquisa de vários aspectos dos problemas que envolvem as sensações e percepções, de questões teóricas e filosóficas até pesquisa básica e comparada.

A Psicofísica se mantém como uma área ativa da Psicologia nos dias de hoje. Cada vez com maior frequência, outras áreas da Psicologia estão descobrindo os métodos psicofísicos como forma de acesso experimen-

tal dos eventos mentais e dos comportamentos, de seus interesses. Uma importante parcela da psicologia social moderna tem dispensado atenção nas investigações sobre como o contexto social no qual nós vivemos nossas vidas mentais pode afetar a maneira pela qual nós apreciamos a realidade social. Tais estudos têm mostrado que o conhecimento social pode afetar não só os pensamentos e julgamentos das pessoas, mas também suas percepções para elementos básicos como magnitude física de um estímulo (Stapel & Koomen, 1997).

Outras investigações nas quais a psicofísica está cada vez mais presente são relacionadas aos estudos de atenção (Avrahami, 1999), reconhecimento de estados mentais por expressões faciais (Back et al., 2009), imaginação e imagens mentais (Baird & Harder, 2000; Baranski & Petrusic, 1992) no desenvolvimento de desordens sociais (Barton, Hefter, Cherkasova, & Manoach, 2007) e até mesmo para resolver questões epistemológicas da percepção (Bonjour, 2007).

Concluimos dizendo que vemos o futuro das pesquisas em sensação e percepção com muito entusiasmo, assim como a, cada vez maior, inserção da Psicofísica no cenário clínico da psicologia e das ciências da saúde. Visionária e lúcida para o caminhar da Psicologia pelas décadas em que leciona e forma pesquisadores na área de psicofisiologia, o Laboratório da Visão foi fundado pela Profa. Dra. Fix Ventura há 15 anos e, hoje, ele se insere entre os principais centros de pesquisa em Psicofísica e Eletrofisiologia Visual Clínica internacionais.

The Clinical Psychophysics

Abstract: Introducing the Psychophysics as an applied science in investigating and approaches and clinical diagnostics. Initially, we introduce something of the epistemological and theoretical aspects of the area, we move to approaches that may provide on Psychophysics clinical applicability and finally, we discuss the recent advances in clinical application, we present the experiences of our laboratory for clinical research in psychophysics, ending with the prospects for extending the use of psychophysics to clinical investigations of perceptual functions more complex.

Keywords: Psychophysics. Clinical psychology. Perception. Experimental psychology.

La Psychophysique Clinique

Résumé: Présentation de la psychophysique comme une science appliquée dans les enquêtes et les approches et les diagnostics cliniques. Au départ, nous introduire quelque chose des aspects épistémologiques et théoriques de la zone, nous passons à des approches qui peuvent prévoir, sur Psychophysique applicabilité clinique et enfin, nous discutons les récentes avancées dans l'application clinique, nous présentons les expériences de notre laboratoire pour la recherche clinique en psychophysique, en terminant par les perspectives d'extension de l'utilisation de la psychophysique aux enquêtes cliniques sur les fonctions perceptives plus complexe.

Mots-clés: Psychophysique. Psychologie clinique. Perception. Psychologie expérimentale.

La Psicofísica Clínica

Resumen: Presentación de la psicofísica como una ciencia aplicada en la investigación y los enfoques y los diagnósticos clínicos. Inicialmente, se introduce algo de los aspectos epistemológicos y teóricos de la zona, nos trasladamos a los enfoques que pueden proporcionar a la aplicabilidad Psicofísica clínica y, por último, se discuten los avances recientes en la aplicación clínica, se presentan las experiencias de nuestro laboratorio para la investigación clínica en la psicofísica, que termina con las perspectivas para ampliar el uso de la psicofísica en las investigaciones clínicas de las funciones perceptivas más complejas.

Palabras clave: Psicofísica. Psicología clínica. Percepción. Psicología experimental.

Referências

- Adams, R. J., & Courage, M. L. (1996). Monocular contrast sensitivity in 3- to 36-month-old human infants. *Optometry and Vision Science, 73*, 546-551.
- Al Khamis, A. R., & Easterbrook, M. (1983). Critical flicker fusion frequency in early chloroquine retinopathy. *Canadian Journal of Ophthalmology, 18*, 217-219.
- Allen, D., Tyler, C. W., & Norcia, A. M. (1996). Development of grating acuity and contrast sensitivity in the central and peripheral visual field of the human infant. *Vision Research, 36*, 1945-1953.
- Alsaleh, C. (2004). The use of the senses (J. L. Austin). *Revue de Metaphysique et de Morale, 193-215*.
- Anderson, A. J. (2003). Utility of a dynamic termination criterion in the ZEST adaptive threshold method. *Vision Research, 43*, 165-170.
- Anderson, R. S. (2006). The psychophysics of glaucoma: Improving the structure/function relationship. *Progress in Retinal and Eye Research, 25*, 79-97.
- Arp, S., & Fagard, J. (2005). What impairs subitizing in cerebral palsied children? *Developmental Psychobiology, 47*, 89-102.
- Atkinson, J., & Braddick, O. (1978). Visual development in the human infant. *Archives Italiennes de Biologie, 116*, 352-357.
- Atkinson, J., & Braddick, O. (1999). Research methods in infant vision. In R. H. S. Carpenter & J. G. Robson (Eds.), *Vision research: A practical guide to laboratory methods* (pp. 161-186). Oxford: Oxford University Press.
- Avrahami, J. (1999). Objects of attention, objects of perception. *Perception & Psychophysics, 61*, 1604-1612.
- Back, E., Jordan, T. R., & Thomas, S. M. (2009). The recognition of mental states from dynamic and static facial expressions. *Visual Cognition, 17*, 1271-1286.
- Baird, J. C., & Harder, K. A. (2000). The psychophysics of imagery. *Perception & Psychophysics, 62*, 113-126.
- Banton, T., & Bertenthal, B. I. (1996). Infants' sensitivity to uniform motion. *Vision Research, 36*, 1633-1640.
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1992). The discriminability of remembered magnitudes. *Memory & Cognition, 20*, 254-270.

- Barboni, M. T., da Costa, M. F., Moura, A. L., Feitosa-Santana, C., Gualtieri, M., Lago, M. et al. (2008). Visual field losses in workers exposed to mercury vapor. *Environmental Research*, *107*, 124-131.
- Barboni, M. T., Feitosa-Santana, C., Zach, E. C., Lago, M., Teixeira, R. A., Taub, A. et al. (2009). Preliminary findings on the effects of occupational exposure to mercury vapor below safety levels on visual and neuropsychological functions. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, *51*, 1403-1412.
- Barca, L., Cappelli, F. R., Di, G. P., Staccioli, S., & Castelli, E. (2010). Outpatient assessment of neurovisual functions in children with Cerebral Palsy. *Research in Developmental Disabilities*, *31*, 488-495.
- Bardin, V. V. (1978). Theory of statistical decisions and problems of modern psychophysics. *Voprosy Psikhologii*, 179-182.
- Barnes, G. R., Hess, R. F., Dumoulin, S. O., Achtman, R. L., & Pike, G. B. (2001). The cortical deficit in humans with strabismic amblyopia. *Journal of Physiology*, *533*, 281-297.
- Barton, J. J. S., Hefter, R. L., Cherkasova, M. V., & Manoach, D. S. (2007). Investigations of face expertise in the social developmental disorders. *Neurology*, *69*, 860-870.
- Bartoshuk, L. M. (1988). Clinical psychophysics of taste. *Gerodontology*, *4*, 249-255.
- Bartoshuk, L. M., & Beauchamp, G. K. (1994). Chemical senses. *Annual Review of Psychology*, *45*, 419-449.
- Beck, R. W., Kupersmith, M. J., Cleary, P. A., & Katz, B. (1993). Fellow eye abnormalities in acute unilateral optic neuritis. Experience of the optic neuritis treatment trial. *Ophthalmology*, *100*, 691-697.
- Beck, R. W., Trobe, J. D., Moke, P. S., Brodsky, M. C., Buckley, E. G., Chrousos, G. A. et al. (1997). Visual function 5 years after optic neuritis experience of the Optic Neuritis Treatment Trial. *Archives of Ophthalmology*, *115*, 1545-1552.
- Bek, T., Moller, F., & Klausen, B. (2000). Short term visual prognosis after retinal laser photocoagulation for diabetic maculopathy. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, *78*, 539-542.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism: A "complex" issue. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*, 218-225.
- Bhola, R., Keech, R. V., Olson, R. J., & Petersen, D. B. (2006). Long-term outcome of pediatric aphakic glaucoma. *Journal of Aapos*, *10*, 243-248.

- Black, P. (1982). Visual disorders associated with cerebral palsy. *British Journal of Ophthalmology*, *66*, 46-52.
- Blake, R., Turner, L. M., Smoski, M. J., Pozdol, S. L., & Stone, W. L. (2003). Visual recognition of biological motion is impaired in children with autism. *Psychological Science*, *14*, 151-157.
- Blommaert, F. J., Heynen, H. G., & Roufs, J. A. (1987). Point spread functions and detail detection. *Spatial Vision*, *2*, 99-115.
- Bonjour, L. (2007). Epistemological problems of perception. Disponível em <http://plato.stanford.edu/entries/perception-episprob>
- Bonnet, C. (1994). Psychophysics of reaction-times – Theories and methods. *Revista Latinoamericana de Psicología*, *26*, 431-444.
- Braddick, O. (1997). Visual psychophysics. *Current Biology*, *7*, R209-R211.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, *10*, 433-436.
- Breitmeyer, B. G., Koc, A., Ogmen, H., & Ziegler, R. (2008). Functional hierarchies of nonconscious visual processing. *Vision Research*, *48*, 1509-1513.
- Brittain, P., Ffytche, D. H., McKendrick, A., & Surguladze, S. (2010). Visual processing, social cognition and functional outcome in schizophrenia. *Psychiatry Research*, *178*, 270-275.
- Brown, L. G. (1996). Additional rules for the transformed up-down method in psychophysics. *Perception & Psychophysics*, *58*, 959-962.
- Burseg, K., Linforth, R. S. T., Hort, J., & Taylor, A. J. (2009). Flavor perception in biscuits; correlating sensory properties with composition, aroma release, and texture. *Chemosensory Perception*, *2*, 70-78.
- Canto-Pereira, L. H. M., Lago, M., Costa, M. F., Rodrigues, A. R., Saito, C. A., Silveira, L. C. L. et al. (2005). Visual impairment on dentists related to occupational mercury exposure. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *19*, 517-522.
- Cardello, A. V., Schutz, H. G., Leshner, L. L., & Merrill, E. (2005). Development and testing of a labeled magnitude scale of perceived satiety. *Appetite*, *44*, 1-13.
- Cascio, C., McGlone, F., Folger, S., Tannan, V., Baranek, G., Pelphrey, K. A. et al. (2008). Tactile perception in adults with autism: A multidimensional psychophysical study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*, 127-137.

- Catalano, R. A., Simon, J. W., Jenkins, P. L., & Kandel, G. L. (1987). Preferential looking as a guide for amblyopia therapy in monocular infantile cataracts. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, *24*, 56-63.
- Celebrini, S., & Newsome, W. T. (1994). Neuronal and psychophysical sensitivity to motion signals in extrastriate area MST of the macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, *14*, 4109-4124.
- Chia, W. L. A., & Martin, F. (2001). Childhood cataracts. *Clinical and Experimental Ophthalmology*, *29*, 75-80.
- Costa, M. F., Haro-Munoz, F. M., Berezovsky, A., Salomao, S. R., de Souza, J. M., & Ventura, D. F. (2002). Grating acuity deficit and amblyopia by sweep-vep in children with spastic cerebral palsy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *43*, U1323.
- Costa, M. F., Oliveira, A. G. F., Feitosa-Santana, C., Zatz, M., & Ventura, D. F. (2007). Red-green color vision impairment in Duchenne muscular dystrophy. *American Journal of Human Genetics*, *80*, 1064-1075.
- Costa, M. F., Oliveira, A. G. F., Santana, C. F., Lago, M., Zatz, M., & Ventura, D. F. (2005). Red-green color vision and luminance contrast sensitivity losses in Duchenne Muscular Dystrophy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*, 4576.
- Costa, M. F., Ventura, D. F., Pavanello, R. C. M., Cerqueira, A., & Zatz, M. (2004). Color vision phenotype in Duchenne Muscle Dystrophy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *45*, 424.
- Costa, M. F., Ventura, D. F., Perazzolo, F., Murakoshi, M., & Silveira, L. C. D. (2006). Absence of binocular summation, eye dominance, and learning effects in color discrimination. *Visual Neuroscience*, *23*, 461-469.
- Costa, M. F., Ventura, D. F., Salomo, S. R., Berezovsky, A., De Haro, F. M. B., & Tabuse, M. K. U. (2001). Grating acuity measured by sweep VEP in children with spastic cerebral-palsy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *42*, S787.
- Courage, M. L., Adams, R. J., Reyno, S., & Kwa, P. G. (1994). Visual acuity in infants and children with Down syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *36*, 586-593.
- da Costa, M. F., Salomao, S. R., Berezovsky, A., de Haro, F. M., & Ventura, D. F. (2004). Relationship between vision and motor impairment in children with spastic cerebral palsy: New evidence from electrophysiology. *Behavioural Brain Research*, *149*, 145-150.

- Deco, G., & Rolls, E. T. (2006). Decision-making and Weber's law: A neurophysiological model. *European Journal of Neuroscience*, *24*, 901-916.
- Dercole, K., L. & Davenport, W. G. (1974). Social psychophysics – Measurement of attitudes toward violence. *Perceptual and Motor Skills*, *38*, 135-145.
- Dodwell, P. C. (1985). Theories of perception as experimental epistemology. *Behavioral and Brain Sciences*, *8*, 291-292.
- Doop, M. L., & Park, S. (2009). Facial expression and face orientation processing in schizophrenia. *Psychiatry Research*, *170*, 103-107.
- Dutton, G. N., McKillop, E. C., & Saidkasimova, S. (2006). Visual problems as a result of brain damage in children. *British Journal of Ophthalmology*, *90*, 932-933.
- Dzhafarov, E. N., & Colonius, H. (2007). Dissimilarity cumulation theory and subjective metrics. *Journal of Mathematical Psychology*, *51*, 290-304.
- Eisler, A. D., & Eisler, H. (1994). Subjective time scaling – Influence of age, gender, and type-A and type-B behavior. *Chronobiologia*, *21*, 185-200.
- Ellemberg, D., Lewis, T. L., Maurer, D., Brar, S., & Brent, H. P. (2002). Better perception of global motion after monocular than after binocular deprivation. *Vision Research*, *42*, 169-179.
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der psychophysik*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Feitosa-Santana, C., Barboni, M. T., Oiwa, N. N., Paramei, G. V., Simoes, A. L., da Costa, M. F. et al. (2008). Irreversible color vision losses in patients with chronic mercury vapor intoxication. *Visual Neuroscience*, *25*, 487-491.
- Feitosa-Santana, C., Costa, M. F., Lago, M., & Ventura, D. F. (2007). Long-term loss of color vision after exposure to mercury vapor. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *40*, 409-414.
- Feitosa-Santana, C., Oiwa, N. N., Paramei, G. V., Bimler, D., Costa, M. F., Lago, M. et al. (2006a). Color space distortions in patients with type 2 diabetes mellitus. *Visual Neuroscience*, *23*, 663-668.
- Feitosa-Santana, C., Paramei, G. V., Bimler, D. L., Costa, M. F., Lago, M., Oiwa, N. N. et al. (2006b). Colour space distortions in patients with mercury vapour intoxication. *Perception*, *35*, 185-186.
- Fetterman, J. G. (1995). The psychophysics of remembered duration. *Animal Learning & Behavior*, *23*, 49-62.

- Fitzke, F.W. (1988). Clinical psychophysics. *Eye*, (Suppl. 2), S233-S241.
- Garcia-Perez, M. A. (1998). Forced-choice staircases with fixed step sizes: Asymptotic and small-sample properties. *Vision Research*, *38*, 1861-1881.
- Garcia-Perez, M.A. (2002). Properties of some variants of adaptive staircases with fixed step sizes. *Spatial Vision*, *15*, 303-321.
- Garcia-Perez, M. A., & Alcalá-Quintana, R. (2007). Bayesian adaptive estimation of arbitrary points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *60*, 147-174.
- Garcia-Perez, M. A., & Alcalá-Quintana, R. (2009). Empirical performance of optimal Bayesian adaptive estimation. *Spanish Journal of Psychology*, *12*, 3-11.
- Gazzaniga, M. S., & Heatherton, T. F. (2007). *Ciência psicológica* (2a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- George, F.H. (1957). Epistemology and the problem of perception. *Mind*, *66*, 491-506.
- Goulart, P. R., Bandeira, M. L., Tsubota, D., Oiwa, N. N., Costa, M. F., & Ventura, D. F. (2008). A computer-controlled color vision test for children based on the Cambridge Colour Test. *Vision Neuroscience*, *25*, 445-450.
- Govind, A., & Lamba, P. A. (1988). Visual disorders in cerebral palsy. *Indian Journal of Ophthalmology*, *36*, 88-91.
- Green, D. M. (1990). Stimulus selection in adaptive psychophysical procedures. *Journal of the Acoustical Society of America*, *87*, 2662-2674.
- Gualtieri, M., Bandeira, M., Hamer, R. D., Costa, M. F., Oliveira, A. G., Moura, A. L. et al. (2008). Psychophysical analysis of contrast processing segregated into magnocellular and parvocellular systems in asymptomatic carriers of 11778 Leber's hereditary optic neuropathy. *Vision Neuroscience*, *25*, 469-474.
- Gualtieri, M., Nishi, M., Lago, M., & Ventura, D. F. (2005). Color discrimination and chromatic contrast sensitivity assessed in type 2 diabetic patients without retinopathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*, 4750.
- Gualtieri, M., Oliveira, A. G. F., Canto-Pereira, L. H. M., Costa, M. F., Salomao, S. R., Carelli, V. et al. (2004). Sparing of the blue system in LHON (Leber's hereditary optic neuropathy). *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *45*, 424.
- Guilhardi, P., Macinnis, M. L., Church, R. M., & Machado, A. (2007). Shifts in the psychophysical function in rats. *Behavioural Processes*, *75*, 167-175.

- Gunn, A., Cory, E., Atkinson, J., Braddick, O., Wattam-Bell, J., Guzzetta, A. et al. (2002). Dorsal and ventral stream sensitivity in normal development and hemiplegia. *Neuroreport*, *13*, 843-847.
- Gwiazda, J., Bauer, J., Thorn, F., & Held, R. (1997). Development of spatial contrast sensitivity from infancy to adulthood: Psychophysical data. *Optometry & Vision Science*, *74*, 785-789.
- Gwiazda, J., Wolfe, J. M., Brill, S., Mohindra, I., & Held, R. (1980). Quick assessment of preferential looking acuity in infants. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, *57*, 420-427.
- Hamer, R. D., & Norcia, A. M. (1994). The development of motion sensitivity during the first year of life. *Vision Research*, *34*, 2387-2402.
- Hanna, T. E., von Gierke, S. M., & Green, D. M. (1986). Detection and intensity discrimination of a sinusoid. *Journal of the Acoustical Society of America*, *80*, 1335-1340.
- Harmening, W. M., Nikolay, P., Orłowski, J., & Wagner, H. (2009). Spatial contrast sensitivity and grating acuity of barn owls. *Journal of Vision*, *9*, 13.
- Harmunoz, E., Berezovsky, A., Ventura, D. F., Moreira, J. B. C., & Salomao, S. R. (1995). Infantile cataract – Teller acuity cards as a clinical aid for surgical decision and follow-up. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *36*, S941.
- Harrad, R. (1996). Psychophysics of suppression. *Eye*, *10*(Pt. 2), 270-273.
- Hecht, S. (1924). The visual discrimination of intensity and the Weber-Fechner law. *Journal of General Physiology*, *7*, 235-267.
- Hertz, B. G. (1987). Acuity card testing of retarded children. *Behavioural Brain Research*, *24*, 85-92.
- Hitchings, K. (1993). Psychophysical testing in glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*, *77*, 471-472.
- Hodos, W., Weiss, S. R., & Bessette, B. B. (1988). Intensity difference thresholds after lesions of ectostriatum in pigeons. *Behavioural Brain Research*, *30*, 43-53.
- Houstoun, R. A., & Shearer, J. F. (1930). Weber's law and visual acuity. *Philosophical Magazine*, *10*, 433-450.
- Howes, S. C., Caelli, T., & Mitchell, P. (1982). Contrast sensitivity in diabetics with retinopathy and cataract. *Australian Journal of Ophthalmology*, *10*, 173-178.

- Hoyt, C. S. (2003). Visual function in the brain-damaged child. *Eye, 17*, 369-384.
- Huo, R., Burden, S. K., Hoyt, C. S., & Good, W. V. (1999). Chronic cortical visual impairment in children: Aetiology, prognosis, and associated neurological deficits. *British Journal of Ophthalmology, 83*, 670-675.
- Hurlimann, F., Kiper, D. C., & Carandini, M. (2002). Testing the Bayesian model of perceived speed. *Vision Research, 42*, 2253-2257.
- Jazayeri, M. (2008). Probabilistic sensory recoding. *Current Opinion in Neurobiology, 18*, 431-437.
- Jerneld, B., & Alverge, P. (1987). Visual acuity in a diabetic population. *Acta Ophthalmologica (Copenhagen), 65*, 170-177.
- Jung, R. (1984). Sensory research in historical perspective: Some philosophical foundations of perception. In J. M. Brookhart & V. B. Mountcastle (Eds.), *Handbook of psychology* (Vol. 3, pp. 1-74). Washington, DC: American Physiological Society.
- King-Smith, P. E., Grigsby, S. S., Vingrys, A. J., Benes, S. C., & Supowit, A. (1994). Efficient and unbiased modifications of the QUEST threshold method: Theory, simulations, experimental evaluation and practical implementation. *Vision Research, 34*, 885-912.
- King-Smith, P. E., & Rose, D. (1997). Principles of an adaptive method for measuring the slope of the psychometric function. *Vision Research, 37*, 1595-1604.
- Knoblauch, K., Vital-Durand, F., & Barbur, J. L. (2001). Variation of chromatic sensitivity across the life span. *Vision Research, 41*, 23-36.
- Koh, S. B., Kim, B. J., Lee, J., Suh, S. I., Kim, T. K., & Kim, S. H. (2008). Stereopsis and color vision impairment in patients with right extrastriate cerebral lesions. *European Neurology, 60*, 174-178.
- Kozeis, N., Anogeianaki, A., Mitova, D. T., Anogianakis, G., Mitov, T., & Klisarova, A. (2007). Visual function and visual perception in cerebral palsied children. *Ophthalmic and Physiological Optics, 27*, 44-53.
- Kremers, J., Scholl, H. P., Knau, H., Berendschot, T. T., Usui, T., & Sharpe, L. T. (2000). L/M cone ratios in human trichromats assessed by psychophysics, electroretinography, and retinal densitometry. *Journal of the Optical Society of America A: Optics, Image Science, and Vision, 17*, 517-526.
- Labs, S. M., Gescheider, G. A., Fay, R. R., & Lyons, C. H. (1978). Psychophysical tuning curves in vibrotaction. *Sens Processes, 2*, 231-247.

- Lak, A., Arabzadeh, E., Harris, J. A., & Diamond, M. E. (2010). Correlated physiological and perceptual effects of noise in a tactile stimulus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*, 7981-7986.
- Lewis, T. L., & Maurer, D. (1986). Preferential looking as a measure of visual resolution in infants and toddlers: A comparison of psychophysical methods. *Child Development*, *57*, 1062-1075.
- Lima, S. M., Bonci, D. M. O., Grotzner, S. R., Ribeiro, C. A., & Ventura, D. F. (2003). Loss of amacrine cells in MeHg-treated retinæ in a tropical fish. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *44*, U727.
- MacLin, O. H., Peterson, D. J., Hashman, C., & Flach, N. (2009). PsychoPro 2.0: Using multidimensional scaling to examine the perceptual categorization of race. *Behavior Research Methods*, *41*, 668-674.
- Mallery, R. M., Olomu, O. U., Uchanski, R. M., Militchin, V. A., & Hullar, T. E. (2010). Human discrimination of rotational velocities. *Experimental Brain Research*, *204*, 11-20.
- Markedly enhanced visual perception in autism. (2009). *Neuroscientist*, *15*, 215.
- Marsh, P. J., & Williams, L. M. (2006). ADHD and schizophrenia phenomenology: visual scanpaths to emotional faces as a potential psychophysiological marker? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*, 651-665.
- Massof, R. W. (2002). The measurement of vision disability. *Optometry and Vision Science*, *79*, 516-552.
- Maxwell, J. C. (1890). On the theory of three primary colours. Lecture delivered in 1861. In W. D. Nevin (Ed.), *Scientific papers* (pp. 445-450). London: Cambridge University Press.
- Merchant, H., Battaglia-Mayer, A., & Georgopoulos, A. P. (2003). Interception of real and apparent motion targets: Psychophysics in humans and monkeys. *Experimental Brain Research*, *152*, 106-112.
- Mittenberg, W., Choi, E. J., & Apple, C. C. (2000). Stereoscopic visual impairment in vascular dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *15*, 561-569.
- Morrone, M. C., Burr, D. C., & Fiorentini, A. (1990). Development of contrast sensitivity and acuity of the infant color system. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, *242*, 134-139.

- Morrone, M. C., Burr, D. C., & Fiorentini, A. (1993). Development of infant contrast sensitivity to chromatic stimuli. *Vision Research*, *33*, 2535-2552.
- Mowry, E. M., Loguidice, M. J., Daniels, A. B., Jacobs, D. A., Markowitz, C. E., Galetta, S. L. et al. (2009). Vision related quality of life in multiple sclerosis: Correlation with new measures of low and high contrast letter acuity. *Journal Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *80*, 767-772.
- Nelson, A. L., Combs, D. R., Penn, D. L., & Basso, M. R. (2007). Subtypes of social perception deficits in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *94*, 139-147.
- Oliveira, A. G., Costa, M. F., & Ventura, D. F. (2005). Luminance spatial contrast sensitivity measured by the sweep-visual evoked potential in preterm and term infants during the first year of life. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*.
- Oliveira, A. G. F., Costa, M. F., de Souza, J. M., & Ventura, D. F. (2004). Contrast sensitivity threshold measured by sweep-visual evoked potential in term and preterm infants at 3 and 10 months of age. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *37*, 1389-1396.
- Oud, K. T., Steggerda, S. J., Nanninga-Van den Neste, V. M., Gooskens, R. H., & Van Nieuwenhuizen, O. (1999). Visual acuity in children with hydrocephalus. *Neuro-Ophthalmology*, *21*, 75-82.
- Palmer, J., Verghese, P., & Pavel, M. (2000). The psychophysics of visual search. *Vision Research*, *40*, 1227-1268.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, *162*, 8-13.
- Pellicano, E., Gibson, L., Maybery, M., Durkin, K., & Badcock, D. R. (2005). Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: A possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychologia*, *43*, 1044-1053.
- Pellicano, E., Jeffery, L., Burr, D., & Rhodes, G. (2007). Abnormal adaptive face-coding mechanisms in children with autism spectrum disorder. *Current Biology*, *17*, 1508-1512.
- Porro, G., Dekker, E. M., van, N. O., Wittebol-Post, D., Schilder, M. B., Schenk-Rootlieb, A. J. et al. (1998). Visual behaviours of neurologically impaired children with cerebral visual impairment: An ethological study. *British Journal of Ophthalmology*, *82*, 1231-1235.

- Rodrigues, A. R., Botelho de Souza, C. R., Braga, A. M., Rodrigues, P. S. S., Silveira, A. T., Damin, E. T. B. et al. (2007). Mercury toxicity: Contrast sensitivity and color discrimination of subjects exposed to mercury. *Brazilian Journal of Medical Biological Research*, In press.
- Roesch, E. B., Sander, D., Mumenthaler, C., Kerzel, D., & Scherer, K. R. (2010). Psychophysics of emotion: The QUEST for emotional attention. *Journal of Vision*, 10, 4-9.
- Ross, H. E. (1997). On the possible relations between discriminability and apparent magnitude. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology*, 50, 187-203.
- Rossi, G. B. (2007). Measurability. *Measurement*, 40, 545-562.
- Sadun, A. A., Salomao, S. R., Berezovsky, A., Ventura, D. F., Quiros, P., Sadun, F. et al. (2004). Suliclinical visual abnormalities are common in carriers with 11778 LHON from a 300 member Brazilian pedigree. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45, U380.
- Salomao, S. R., Berezovsky, A., Cinoto, R. W., De Haro, F. M. B., Ventura, D. F., & Birch, E. E. (2000). Longitudinal visual acuity development in healthy preterm infants. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41, S728.
- Salomao, S. R., Berezovsky, A., Cinoto, R. W., Haro, F. M. B., Costa, M. T. Z., & Ventura, D. F. (1999). Very early sweep-VEP acuity development in preterm infants. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40, S822.
- Salomao, S. R., Berezovsky, A., De Haro, F. M. B., Goldchmit, M., & Ventura, D. F. (2001). Grating acuity deficit in preterm infants with cortical visual impairment. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42, S845.
- Salomao, S. R., Berezovsky, A., Haromunoz, E., & Ventura, D. F. (1994). The brazilian large-scale acuity card study .2. The screening study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35, 1751.
- Salomao, S. R., & Ventura, D. F. (1993). The brazilian large-scale acuity card study .1. The normative study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 34, 1420.
- Salomao, S. R., & Ventura, D. F. (1995). Large-sample population age norms for visual acuities obtained with vistech-teller acuity cards. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 36, 657-670.
- Scheerer, E. (1992). Fechner's inner psychophysics: Its historical fate and present status. In H. G. Geissler, S. W. Link & J. T. Townsend (Eds.), *Cognition, information*

- processing and psychophysics. Basic issues* (pp. 3-22). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Schrauf, M., Wist, E. R., & Ehrenstein, W. H. (1999). Development of dynamic vision based on motion contrast. *Experimental Brain Research*, *124*, 469-473.
- Snook, S. H. (1999). Future directions of psychophysical studies. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, *25*, 13-18.
- Soechting, J. F., & Flanders, M. (1995). Psychophysical approaches to motor control. *Current Opinion in Neurobiology*, *5*, 742-748.
- Spencer, J. V., & O'Brien, J. M. (2006). Visual form-processing deficits in autism. *Perception*, *35*, 1047-1055.
- Stapel, D. A., & Koomen, W. (1997). Social categorization and perceptual judgment of size: When perception is social. *Journal of Personality and Social Psychology*, *73*, 1177-1190.
- Stein, J. (2003). Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*, *41*, 1785-1793.
- Stevens, S. S. (1957). On the psychophysical law. *Psychological Review*, *64*, 153-181.
- Stoffregen, T. A., & Bardy, B. G. (2001). On specification and the senses. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*, 195-+.
- Sturzel, F., & Spillmann, L. (2004). Perceptual limits of common fate. *Vision Research*, *44*, 1565-1573.
- Teller, D. Y. (1990). The development of visual function in infants. *Research Publications – Association for Research in Nervous and Mental Disease*, *67*, 109-118.
- Teller, D. Y., & Movshon, J. A. (1986). Visual development. *Vision Research*, *26*, 1483-1506.
- Treutwein, B. (1995). Adaptive psychophysical procedures. *Vision Research*, *35*, 2503-2522.
- VandenBos, G. R. (2010). *Dicionário de psicologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Ventura, D. F., Costa, M. F., Gualtieri, M., Nishi, M., Bernick, M., Bonci, D. M. et al. (2003a). Early vision loss in diabetic patients assessed by the Cambridge Colour Test.

In J. D. Mollon, J. Pokorny & K. Knoblauch (Eds.), *Normal and defective Colour Vision* (pp. 395-403). New York: Oxford University Press.

- Ventura, D. F., Costa, M. T. V., Costa, M. F., Berezovsky, A., Salomao, S. R., Simoes, A. L. et al. (2004). Multifocal and full-field electroretinogram changes associated with color-vision loss in mercury vapor exposure. *Visual Neuroscience*, *21*, 421-429.
- Ventura, D. F., Gualtieri, M., Oliveira, A. G., Costa, M. F., Quiros, P., Sadun, F. et al. (2007). Male prevalence of acquired color vision defects in asymptomatic carriers of Leber's hereditary optic neuropathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *48*, 2362-2370.
- Ventura, D. F., Quiros, P., Carelli, V., Salomao, S. R., Gualtieri, M., Oliveira, A. G. et al. (2005a). Chromatic and luminance contrast sensitivities in asymptomatic carriers from a large Brazilian pedigree of 11778 Leber hereditary optic neuropathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*, 4809-4814.
- Ventura, D. F., Quiros, P., Carelli, V., Salomao, S. R., Gualtieri, M., Oliveira, A. G. F. et al. (2005b). Chromatic and luminance contrast sensitivities of carriers of 11778 Leber's Hereditary Optic Neuropathy (LHON) from a giant pedigree in Brazil. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *46*.
- Ventura, D. F., Rodrigues, A. R., Moura, A. A., Vargas, A. C., Costa, M. F., de Souza, J. M. et al. (2002). Color discrimination measured by the Cambridge Colour Vision Test (CCNT) in children and adults. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *43*, U1046.
- Ventura, D. F., Silveira, L. C., Rodrigues, A. R., de Souza, J., Gualtieri, M., Bonci, D. M. et al. (2003b). Preliminary norms for the Cambridge Colour Test. In J. D. Mollon, J. Pokorny & K. Knoblauch (Eds.), *Colour and defective colour vision* (pp. 331-339). New York: Oxford University Press.
- Ventura, D. F., Simoes, A. L., Costa, M. T. V., Costa, M. F., de Souza, J. M., Pereira, L. H. M. C. et al. (2003c). Occupational mercury contamination produces loss of color- and contrast-vision but no effect in full field ERG. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *44*, U445.
- Wald, G. (1964). The receptors of human color vision. *Science*, *145*, 1007-1016.
- Warren, W. H. (2006). The dynamics of perception and action. *Psychological Review*, *113*, 358-389.
- Wattambell, J. (1994). Coherence thresholds for discrimination of motion direction in infants. *Vision Research*, *34*, 877-883.

- Wenderoth, P., & Johnstone, S. (1987). Possible neural substrates for orientation analysis and perception. *Perception, 16*, 693-709.
- Wesner, M. F., & Tan, J. (2006). Contrast sensitivity in seasonal and nonseasonal depression. *Journal of Affective Disorders, 95*, 19-28.
- Winkler, B. S. (1981). Glycolytic and oxidative metabolism in relation to retinal function. *Journal of General Physiology, 77*, 667-692.
- Wist, E. R., Ehrenstein, W. H., Schrauf, M., & Schraus, M. (1998). A computer-assisted test for the electrophysiological and psychophysical measurement of dynamic visual function based on motion contrast. *Journal of Neuroscience Methods, 80*, 41-47.
- Woodhouse, J. M., Morjaria, S. A., & Adler, P. M. (2007). Acuity measurements in adult subjects using a preferential looking test. *Ophthalmic & Physiological Optics, 27*, 54-59.
- Yarnitsky, D. (1997). Quantitative sensory testing. *Muscle Nerve, 20*, 198-204.
- Zeman, A., Knight, G., & Cullen, D. R. (1990). Papilloedema and diabetes mellitus. *Diabetic Medicine, 7*, 465-466.
- Zubcov, A. A., Rossillion, B. M., Kacer, B., Stark, N., Schlosser, R., & Vanselow, K. (2002). Predictive value of teller Acuity Card Test (TACT) and comparison of recognition and grating acuities in premature children with and without residua of Retinopathy of Prematurity (ROP). *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 219*, 722-727.
- Zychaluk, K., & Foster, D. H. (2009). Model-free estimation of the psychometric function. *Attention, Perception, & Psychophysics, 71*, 1414-1425.

Marcelo Fernandes da Costa, Docente do Departamento de Psicologia Experimental, Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Docente do Núcleo de Neurociências e Comportamento da Universidade de São Paulo. Bolsista de Produtividade em Ciência do CNPq. Endereço de correspondência: Av. Prof. Mello Moraes, 1721, CEP 05508-030, São Paulo, SP, Brasil. Endereço eletrônico: costamf@usp.br

Recebido: 21/10/2010
Aceito: 29/11/2010