



Psicologia: Reflexão e Crítica

ISSN: 0102-7972

prcrev@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Brasil

Fukusima, Sérgio S.

Sombras como indicadores da percepção de profundidade

Psicologia: Reflexão e Crítica, vol. 10, núm. 2, 1997, p. 0

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18810208>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Sombras como indicadores da percepção de profundidade

Sérgio S. Fukushima¹

Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto

Resumo

A sombra de um quadrado projetada ortograficamente sobre uma superfície plana foi investigada como indicadora de profundidade percebida. A sombra foi simulada por computador em cinco posições, relativas ao ângulo de incidência da luz, em cada quadrante da tela do monitor. Os resultados indicaram que as magnitudes das estimativas de profundidade aumentam em função da área exposta da sombra nos casos em que a mesma é parcialmente ocluída. No caso em que a sombra não é ocluída, fatores perceptivos e cognitivos podem afetar as estimativas de profundidade.

Palavras-chave: Sombras, percepção de profundidade, percepção visual.

Cast shadow as a cue for depth perception

Abstract

The cast shadow of a flat square was depicted on a computer screen by orthographic projection, and investigated as a perceived depth cue. The shadow was projected to five positions relative to the incidence of the light in each quadrant of the screen. Five adults participated in the experiment. Results indicated that the magnitude of the depth estimates increased as a function of the exposed shadow area when the same was partially occluded. In the conditions in which the shadow was not occluded, perceptual and cognitive factor can bias the depth estimates.

Key-words: Cast shadow, depth perception, visual perception.

Embora o espaço visual seja trivialmente percebido em profundidade, os mecanismos ou processos que geram este fenômeno ainda não estão totalmente esclarecidos (Stevens, 1995; Trotter, 1995). Primeiro, deve-se considerar que as informações visuais provém das luzes refletidas ou transmitidas pelas superfícies no espaço, e que por sua vez são projetadas nas retinas, formando assim imagens bidimensionais. Então, como o sistema visual resgata o espaço tridimensional? A partir do conhecimento da formação das imagens retinianas, a visão estereoscópica e a paralaxe de movimento têm sido sistematicamente investigadas como importantes fontes deste resgate (por exemplo: Cumming, 1995; Todd, 1995; Trotter, 1995; Tyler & Kontsevich, 1995). Entretanto, em situação monocular e/ou estacionária, a tridimensão

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

deve ser resgatada pelo sistema visual basicamente através de indícios pictóricos como as linhas de perspectiva, o gradiente de textura, a interposição e a sobreposição de objetos, o tamanho relativo, o tamanho familiar, o sombreamento e a sombra (Coren & Ward, 1989). Exemplos da utilização desses indícios notam-se nas pinturas de artistas que os têm explorados para produzir a sensação de profundidade, principalmente a partir do Renascimento.

Dentre este indícios, sombreamentos e sombras, têm sido explorado nas investigações mais recentes. Estes indícios são gerados pela incidência de luz sobre os objetos e pelas propriedades de reflectância das superfícies que recebem a luz. Embora os dois termos são às vezes confundidos, o sombreamento é definido como a distribuição das intensidades luminosas incidentes sobre a superfície do objeto, e a sombra é definida como a projeção do bloqueio da luz pelo objeto sobre as superfícies adjacentes. Neste caso existem duas categorias de sombras. Uma ocorre quando a sombra incide sobre a superfície do próprio objeto (*attached shadow* ou *self shadow*) e a outra ocorre quando a sombra incide sobre as superfícies que não pertencem ao objeto (*cast shadow*) (Horn & Brooks, 1989; Kersten, Mamassian, & Knill, 1991; Mamassian, Kersten, & Knill, 1992; Mamassian, Knill, & Kersten, 1991).

Sombreamentos e sombras são considerados indícios de profundidade relativamente fracos se comparados com a visão estereoscópica e a paralaxe de movimento. Porém sua importância nas investigações científicas se deveu a necessidade de analisar a topografia da superfície lunar através de fotos em preto e branco em meados da década de 60. Visto que a orientação da luz podia ser desconhecida pelos observadores, sempre havia a ambigüidade de interpretar um mesmo acidente topográfico como uma saliência ou uma depressão. Desde então, surgiram diversas investigações que propuseram modelos do resgate de formas tridimensionais e orientação de superfície por meio de sombras e sombreamentos (Aks & Enns, 1992; Howard, Bergström, & Ohmi, 1990; Koenderink, van Doorn, & Kappers, 1995, 1996; Mamassian, Kersten, & Knill, 1996; Pentland, 1990; Pollick, Watanabe, & Kawato, 1996).

O avanço nas investigações em sombreamentos e sombras como indícios para a percepção do espaço tridimensional tem sido facilitado pelo desenvolvimento de sistemas gráficos para computadores. Estes têm possibilitado gerar nas telas dos monitores escalas de luminância com até 256 níveis, assim permitindo descrever sombreamentos e sombras de objetos com aparência realística e com a versatilidade de controlar variáveis ópticas tais como a luminância e o tipo de projeção, ortográfica ou perspectiva, do cenário simulado na tela de um monitor.

Muitos modelos gerados para a percepção do espaço tridimensional por meio desses indícios têm sido algoritimizados computacionalmente podendo ser implementados em visão cibernetica (por exemplo: Koenderink & van Doorn, 1979, 1980, 1982), e alguns pesquisadores têm mencionado que nem sempre eles são adequados para descrever o processo psicológico da percepção do espaço tridimensional (Mingolla & Todd, 1989).

Porém, as poucas investigações sobre o assunto enfatizando o aspecto psicológico têm indicado que o sombreamento e a sombra (*attached shadow*) fornecem informações sobre a forma tridimensional dos objetos, especialmente sobre a percepção tridimensional de convexidade, concavidade, curvatura e orientação de superfície e sua relação à distribuição da luminância sobre a retina (Kleffner & Ramachandran, 1992; Ramachandran, 1988a, 1988b). A sombra (*cast shadow*) também fornece informação da forma dos objetos, porém, ela tem sido mais conhecida como fonte de informação para percepção de profundidade (também chamado de distância relativa ou de distância exocêntrica), embora ainda ela tenha sido pouco explorada sistematicamente.

Com o objetivo de contribuir com as investigações sobre a sombra (*cast shadow*) como indicadora de profundidade, sem interferência do sombreamento e da sombra (*attached shadow*), o experimento a seguir foi planejado de maneira que a sombra de um objeto plano, iluminado e suspenso a uma pequena distância de uma outra superfície plana fosse simulada por projeção ortográfica, possibilitando assim a sua representação pictórica na tela do monitor de maneira mais realística possível.

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

Método

Participantes

Cinco universitários adultos (3M e 2F) participaram como voluntários. A idade deles variou de 20 a 34 anos e todos tinham a acuidade visual mínima de 20/20 com ou sem lentes corretoras, mensuradas através de um *orthorater* Bausch & Lomb.

Equipamentos

Em uma sala escura, um computador 486DX2-50MHz, 4Mb de RAM, com uma placa de vídeo Diamond SpeedStar24, 1Mb de VRAM, acoplado a um monitor NEC de 15 polegadas, modelo 4FG, no modo gráfico VGA 640 x 480 pixels em 16 cores, foi utilizado para apresentar os estímulos e coletar as respostas dos observadores através de um programa elaborado em linguagem Turbo Pascal, versão 5.5. O centro da tela do monitor foi ajustado na altura dos olhos dos observadores e mantido a 50cm distante dos mesmos. Os estímulos eram cinzas e consistiam de um quadrado de 4 cm (100 pixels) de lado (luminância de 95,8 cd/m²) centrado na tela de fundo cinza (luminância de 59,1 cd/m²) e com sua sombra (luminância de 20,2 cd/m²) em 5 posições em cada quadrante da tela, assim totalizando 20 condições de estímulo (ver [Figura 1](#)).

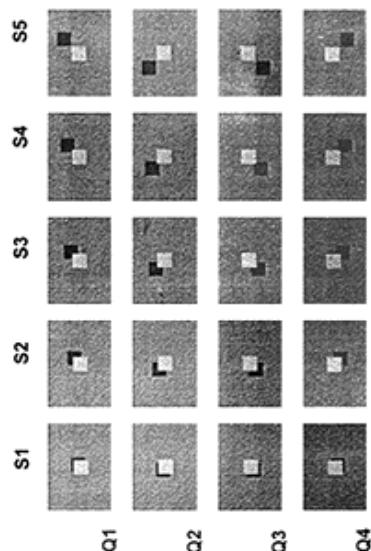


Figura 1 - O quadrado e sua sombra simulada na tela do monitor utilizados como estímulos neste experimento. Os quadrantes onde a sombra foi projetada foram designados por Q1, Q2, Q3, e Q4 e as posições da sombra em função do ângulo de incidência da luz foram designadas por S1 (11,86°), S2 (22,78°), S3 (32,21°), S4 (40,03°) e S5 (46,40°). Na simulação das sombras considerou-se que o quadrado estivesse a 4 cm distante da superfície do fundo.

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

O quadrante superior direito da tela foi designado por Q1, o superior esquerdo de Q2, o inferior esquerdo de Q3 e o inferior direito de Q4. As condições de sombra foram geradas através de projeções ortográficas (ou paralelas) dos raios luminosos simulando o quadrado a 4cm distante da superfície do fundo. A orientação da luz foi determinada pelas diagonais do quadrado e seus ângulos de incidência, relativo à reta normal da superfície da tela, foram de 11,86°, 22,78°, 32,21°, 40,03° e 46,40°, respectivamente designados por S1, S2, S3, S4 e S5. Nota-se que quanto maior o valor do ângulo de incidência maior a área exposta da sombra, ou seja, menor a área da sombra obstruída pelo próprio quadrado. Para S1 a sombra possui 37,59% de sua área exposta, para S2 ela possui 66,36%, para S3 ela possui 86,31%, para S4 ela possui 97,44%, e para S5 a sombra é totalmente exposta, sem ser obstruída pelo quadrado.

Procedimento

As sessões dos participantes foram realizadas individualmente, em condição monocular, usando-se o olho direito. As condições de sombra foram apresentadas pelo método dos estímulos isolados. Cada condição de estímulo foi apresentada por 4s em ordem aleatória em 10 blocos sucessivos. A tarefa do observador foi categorizar a magnitude de profundidade percebida entre o quadrado e a superfície do fundo cinza, classificando-a em 11 categorias enumeradas de 0 a 10. A categoria 0 indicava ausência de profundidade percebida e a categoria 10 indicava a maior magnitude de profundidade percebida. As categorias intermediárias indicavam valores intervalares equidistantes e intermediários da magnitude de profundidade percebida. Os participantes digitavam as suas respostas imediatamente após cada apresentação de estímulo, e que, por sua vez, eram armazenadas pelo computador em arquivo de disco.

Resultados

A média dos dez julgamentos de profundidade a cada estímulo foi considerada a resposta representativa do participante ao respectivo estímulo. Esses resultados estão na [Tabela 1](#).

Tabela 1 - Médias das respostas de cada participante para as condições de sombra (S1, S2, S3, S4 e S5) nos quadrantes da tela do monitor (Q1, Q2, Q3 e Q4).

Participante		S1	S2	S3	S4	S5
1	Q1	3.0	5.4	6.6	7.8	4.1
	Q2	2.8	5.7	6.8	8.7	6.3
	Q3	3.4	5.2	7.2	8.0	3.3
	Q4	3.2	4.8	7.0	8.1	0.0
2	Q1	1.3	4.5	7.1	10.0	0.0
	Q2	1.3	3.5	7.3	10.0	0.0
	Q3	1.7	4.8	7.4	10.0	0.0
	Q4	1.3	3.8	7.2	10.0	0.0

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

3	Q1	1.9	3.5	4.8	5.8	6.8
	Q2	1.8	3.4	4.8	5.8	6.9
	Q3	2.0	3.8	4.7	5.8	6.8
	Q4	2.0	3.7	4.9	5.8	6.7
4	Q1	2.5	4.5	6.8	9.0	10.0
	Q2	2.6	5.1	7.5	9.0	10.0
	Q3	2.7	4.6	6.6	8.8	10.0
	Q4	2.7	4.6	7.2	8.1	10.0
5	Q1	3.0	5.0	7.7	8.8	9.0
	Q2	3.0	5.5	8.2	9.1	10.0
	Q3	3.0	5.0	7.7	9.1	10.0
	Q4	3.0	5.0	7.7	9.1	10.0

Uma ANOVA para medidas repetidas em dois fatores (4 quadrantes x 5 condições de sombra) foi aplicada aos resultados. A análise indicou efeito significativo das condições de sombras $\{F(4,16)=5,99, p<0,01\}$, e que o efeito dos quadrantes $\{F(3,12)=1,58, p>0,05\}$ e da interação entre quadrantes e condições de sombras $\{F(12,48)<1,0\}$ não foram significativos. Em outras palavras, a análise é coerente com a interpretação de que os participantes estimam a magnitude de profundidade entre o objeto e a superfície onde a sombra é projetada em função da existência da oclusão da sombra pelo próprio quadrado. Ou seja, se existir oclusão da sombra (condições S1, S2, S3 e S4), quanto maior a área exposta da sombra, maior a magnitude da profundidade julgada, independente de em qual quadrante a sombra foi projetada. Porém, para a condição S5, onde a sombra foi exposta totalmente, os participantes se agrupam em função de dois tipos de respostas: aqueles que julgam a profundidade inexistente ou mínima (participantes 1 e 2), e aqueles que julgam a profundidade maior que aqueles julgados nas outras condições de sombras (participantes 3, 4 e 5). Considerando a ANOVA e a observação desse agrupamento de respostas, os resultados foram sumariados na [Figura 2](#).

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

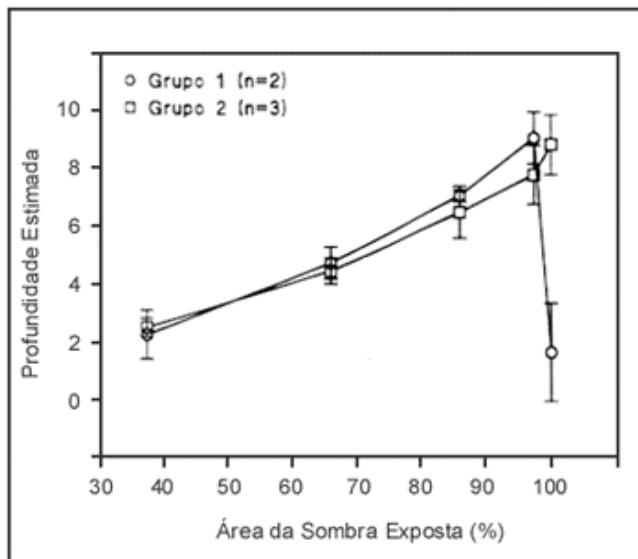


Figura 2 - Médias das respostas dos sujeitos em função da percentagem da área exposta da sombra para o grupamento de sujeitos que julgam a profundidade praticamente inexistente (Grupo 1) e fortemente existente (Grupo 2) quando as sombra é exposta sem obstrução (condição S5). As linhas verticais indicam ± 1 erro padrão da média.

O grupo 1 foi composto pelos participantes 1 e 2 e o Grupo 2 foi composto pelos participantes 3, 4 e 5. As médias dos julgamentos de profundidade e os respectivos erros padrão para cada grupo, desconsiderando os quadrantes, foram traçadas em função da percentagem de área exposta da sombra. A opção pela percentagem de área exposta da sombra no eixo das abscissas em vez do ângulo de incidência da luz foi devido ser a primeira uma informação perceptiva e diretamente disponível aos participantes para representar as condições de sombras apresentadas pictoricamente. Se considerado o ângulo de incidência da luz, esta poderia ser uma informação ambígua, pois seria possível simular uma mesma condição de sombra através de um outro ângulo de incidência mudando-se a suposta distância entre o quadrado e o fundo. Uma ANOVA para dois fatores, sendo de medidas repetidas em um deles (2 grupos x (5 condições de sombras)) foi aplicada a essa nova reconfiguração dos dados. Ela indicou que não há efeito significativo do fator grupo ($F(1,3)=1,13, p>0,05$), há efeito significativo do fator condição de sombra ($F(4,12)=27,72, p<0,001$), e há efeito significativo da interação entre grupo e condição de sombra ($F(4,12)=15,68, p<0,001$). Essa interação é indicada na [Figura 2](#) pela diferença entre os dois grupos de participantes somente para a condição em que a sombra não é obstruída.

Discussão

Os resultados deste experimento evidenciam que sombras (*cast shadows*) são indícios pictóricos para a percepção de profundidade. Quanto maior a área exposta da sombra projetada ortograficamente sobre uma superfície, maior a profundidade percebida entre eles, principalmente quando ainda existem partes das sombras sendo obstruída pelo objeto. Este padrão de resposta de profundidade percebida, porém, parece ser fortalecido muito devido à possível interpretação de ser o objeto sobreposto à sua própria sombra, sendo portanto, possível

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

considerar essas condições como um caso peculiar de sobreposição e interposição de objetos como indício de profundidade.

A tendência de alguns observadores apresentarem respostas com redução ou ausência de profundidade percebida e outros apresentarem respostas com incremento dessa profundidade para a condição de sombra sem obstrução sugerem algumas estratégias de julgamento dos participantes. Uma delas supõe que a condição em que a sombra não é ocluída é ambígua, e conforme as circunstâncias de apresentação pode favorecer os fatores perceptivos ou os cognitivos durante os julgamentos. Tais fatores têm sido extensivamente discutidos nos experimentos sobre julgamentos espaciais de objetos familiares e não familiares sob diferentes instruções (Carlson, 1962; Gogel & Da Silva, 1987a, 1987b; Fukushima, 1989; Fukushima, Da Silva, & Ribeiro, 1990), e parece que tais fatores podem atuar também nos julgamentos de profundidade através das sombras.

Os fatores perceptivos, neste caso, ponderado pelas informações imediatas provenientes do estímulo para o percepção, estariam mais próximos para a situação dos sujeitos que julgam as distâncias inexistentes ou mínimas quando não há oclusão da sombra. Se a condição S5 for bem analisada, se fosse apresentada isoladamente, a sensação de profundidade produzida por ela é realmente fraca, sendo o quadrado e sua sombra serem somente dois quadrados representados no mesmo plano. A fraca profundidade aparente pode surgir, mas não em função de interpretá-lo como objeto e sombra, mas sim devido ao contraste de brilho entre as figuras e fundo e sua relação com a percepção de profundidade, como já demonstrado por O'Shea, Blackburn, e Ono (1994), e de certa maneira por Schirillo, Reeves e Arend (1990).

Os fatores cognitivos, por outro lado, enfatizam a ponderação de informações armazenadas em memória provenientes de experiência passada. No caso, as estimativas em que a condição S5 é interpretada com profundidade máxima entre o objeto e a sombra pode ser resultado de maior ponderação desses fatores. Isto pode ocorrer devido ao delineamento experimental em que se faz uso de medidas repetidas. Visto que as condições em que a oclusão parcial está sempre presente, o fortalecimento da resposta de profundidade à condição S5 pode ter ocorrido devido à familiarização ou à associação de que a diminuição da área de oclusão da sombra está relacionada ao aumento da profundidade percebida. Assim, por analogia, os observadores poderiam ter interpretado que nas condições S5 a profundidade percebida deveria ser maximizada em relação às outras condições apresentadas. As respostas de profundidade maximizada nas condições S5 seriam, portanto, resultados de uma estratégia cognitiva, aprendida. Uma sugestão para checar este problema seria substituir o delineamento experimental por um que se utilize de amostras independentes de observadores para cada condição de estímulo, evitando-se assim o efeito das apresentações das outras condições de estímulos.

O experimento relatado, embora muito simples, expõe com clareza que sombras como indícios para profundidade percebida podem ser exploradas através de um sistema gráfico de computadores, e podem nos levar a formular hipóteses sobre os processos que a produzem. A sofisticação da metodologia, principalmente no que diz respeito ao aumento de complexidade dos estímulos simulados na tela, como apresentação de objetos tridimensionais, controles de luminância entre figura e fundo, poderiam fornecer mais informações como o sistema visual se utiliza delas para organizar a percepção visual tridimensional tal qual a percebemos. Mas estas sugestões, ficam reservadas no momento para os futuros experimentos.

Referências

- Aks, D. J. & Enns, J. T. (1992). Visual search for direction of shading is influenced by apparent depth. *Perception & Psychophysics*, 52, 63-74.

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

- Carlson, V. R. (1962). Size constancy judgments and perceptual compromise. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 68-73.
- Coren, S. & Ward, L.M. (1989). *Sensation & Perception*. (3. ed.). Orlando, FL, USA: Harcourt Brace Jovanovich.
- Cumming, B. G. (1995). The relationship between stereoacuity and stereomotion thresholds. *Perception*, 24, 105-114.
- Fukusima, S. S. (1988). *O Tamanho Familiar é um Indício para a Percepção de Tamanho e Distância?* Dissertação de Mestrado em Psicobiologia. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.
- Fukusima, S. S., Ribeiro, N. P., & Da Silva, J. A. (1990). Percepção de tamanho e distância de objetos familiares: Em direção a uma teoria bifatorial. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 42, 3-25.
- Gogel, W. C. & Da Silva, J. A. (1987a). A two-process theory of the response to size and distance. *Perception & Psychophysics*, 41, 220-238.
- Gogel, W. C. & Da Silva, J. A. (1987b). Familiar size and the theory of off-sized perceptions. *Perception & Psychophysics*, 41, 318-328.
- Horn, B. K.P & Brooks, M.J. (1989). *Shape from Shading*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Howard, I. P., Bergström, S. S., & Ohmi, M. (1990). Shape from shading in different frames of reference. *Perception*, 19, 523-530.
- Kersten, D., Mamassian, P., & Knill, D.C. (1991). Moving cast shadows generate illusory object trajectories. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 32(4), S1179.
- Kleffner, D. A. & Ramachandran, V.S. (1992). On perception of shape from shading. *Perception & Psychophysics*, 52, 18-36.
- Koenderink, J. J., & van Doorn, A. J. (1979). The structure of two-dimesnional scalar fields with applications to vision. *Biological Cybernetics*, 33, 151-158.
- Koenderink, J. J., & van Doorn, A. J. (1980). Photometric invariants related to solid shape. *Optica Acta*, 27, 981-996.
- Koenderink, J. J., & van Doorn, A. J. (1982). The shape of smooth objects and the way contours end. *Perception*, 11, 129-137.
- Koenderink, J. J., van Doorn, A. J., & Kappers, A. M. L. (1995). Depth relief. *Perception*, 24, 115-126.
- Koenderink, J. J., van Doorn, A. J., & Kappers, A. M. L. (1996). Pictorial surface attitude and local depth comparisons. *Perception & Psychophysics*, 58, 163-173.
- Mamassian, P., Kersten, D., & Knill, D.C. (1992). Spatial layout from cast shadows. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 33(4), S1332.
- Mamassian, P., Kersten, D., & Knill, D.C. (1996). Categorical local-shape perception. *Perception*, 25, 95-107.

PSICOLOGÍA REFLEXAO E CRÍTICA

- Mamassian, P., Knill, D.C., & Kersten, D. (1991). What's behind the shadow contours. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 33(4), S1278.
- Mingolla, E. & Todd, J. T. (1989). Perception of solid shape from shading. Em B.K.P. Horn & M. J. Brooks. (Editors). *Shape from Shading*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- O'Shea, R. P., Blackburn, S.G., & Ono, H. (1994). Contrast as a depth cue. *Vision Research*, 34, 1595-1604.
- Pentland, A. (1990). Shape information from shading: A theory about human perception. *Spatial Vision*, 4, 165-182.
- Pollick, F. E., Watanabe, H., & Kawato, M. (1996). Perception of local orientation from shaded images. *Perception & Psychophysics*, 58, 762-780.
- Ramachandran, V.S. (1988a). Perception of shape from shading. *Nature*, 331(6152), 163-166.
- Ramachandran, V.S. (1988b). Perceiving shape from shading. *Scientific American*, 255(2), 76-83.
- Schirillo, J., Reeves, A., & Arend, L. (1990). Perceived lightness, but not brightness, of acromatic surfaces depends on perceived depth information. *Perception & Psychophysics*, 48, 82-90.
- Stevens, K. A. (1995). Integration by association: Combining three-dimensional cues to extrinsic surface shape. *Perception*, 24, 199-214.
- Todd, J. T. (1995). The visual perception of three-dimensional structure from motion. Em W. Epstein & S. Rogers (Eds.), *Perception of Space and Motion* (2. ed., pp. 201-226). San Diego, CA, USA: Academic Press.
- Trotter, Y. (1995). Cortical representation of visual three-dimensional space. *Perception*, 24, 287-298.
- Tyler, C. W. & Kontsevich, L. L. (1995). Mechanisms of stereoscopic processing: Stereoattention and surface perception in depth reconstruction. *Perception*, 24, 127-153.

¹ Endereço para correspondência: Departamento de Psicologia e Educação/FFCLRP. USP, Av. Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, SP. E-mail: fukusima@usp.br.