



Psicologia: Reflexão e Crítica

ISSN: 0102-7972

prcrev@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Brasil

Santos, Natanael Antonio dos; Simas de Bustamante, Maria Lúcia; Nogueira Toscano Barreto Lyra,
Renata Maria

Processamento Visual da Forma em Humanos: Curvas de Limiar de Contraste para Padrões
Circularmente Simétricos

Psicologia: Reflexão e Crítica, vol. 17, núm. 2, 2004, pp. 287-294

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18817216>

- 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

Processamento Visual da Forma em Humanos: Curvas de Limiar de Contraste para Padrões Circularmente Simétricos

Natanael Antonio dos Santos^{1,2}

Universidade Federal da Paraíba

Maria Lúcia de Bustamante Simas

Renata Maria Toscano Barreto Lyra Nogueira

Universidade Federal de Pernambuco

Resumo

O objetivo deste trabalho foi mensurar curvas de limiar de contraste para padrões espaciais circularmente simétricos. Mensurou-se os limiares de contraste para grade senoidais, frequências radiais e frequências radiais acopladas a uma frequência angular de 4 ciclos/360°. Participaram dos experimentos 6 adultos jovens com acuidade visual normal ou corrigida. As frequências medidas com o paradigma psicofísico da escolha forçada foram: 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1; 2; 3; 4; 6 e 9 cpd. Os resultados mostraram que o acoplamento de frequências radiais à frequência angular causou um aumento na sensibilidade do sistema visual de pelo menos 1,6 em relação à curva de sensibilidade ao contraste para estímulos radiais puros. Estes resultados foram discutidos no contexto de um modelo de canais múltiplos de frequências espaciais para estímulos definido *a priori* em termos de coordenadas polares. **Palavras-chave:** Processamento visual da forma; frequência angular; frequência radial; sensibilidade ao contraste; escolha forçada.

Visual Processing of Form in Human: Threshold Contrast Curves to Concentrically Symmetric Patterns

Abstract

The aim of this work was to measure contrast sensitivity curves to concentrically symmetric patterns in a system of multiple channels. We measured the contrast thresholds to sine wave gratings, radial frequencies and coupled radial/angular frequencies. Six young adults with normal or corrected-to-normal visual acuity participated in the experiments. The frequencies measured with a forced-choice method were 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 and 9.0 cpd. Results showed that coupled radial/angular frequencies caused an increase in the sensitivity of at least 1.6 times in relation to radial contrast sensitivity function. These results were discussed in the context of a model of multiple channels processing of spatial frequencies of stimuli defined in terms of polar coordinates. **Keywords:** Visual processing of form; radial frequency; angular frequency; contrast sensitivity; forced choice method.

Campbell e Robson (1968) propuseram o modelo de canais múltiplos para estudar o processamento visual da forma e contraste. De acordo com Campbell e Robson, o sistema visual humano (SVH) responde seletivamente a frequências espaciais, ou seja, o sistema visual (SV) processa simultaneamente diferentes faixas estreitas de frequências espaciais (Blakemore & Campbell, 1969b; Campbell & Robson, 1968; Sachs, Nachmias & Robson, 1971). Em outras palavras, a abordagem de canais múltiplos ou análise de

O modelo de canais múltiplos para o processamento visual da forma e contraste (CSF) ou o limiar de contraste (1/CSF) ou o envelope de contraste (CSF) é o envelope de contraste total de canais, cada um sensível a uma faixa estreita de frequências espaciais (Braddick, Campbell & Atkinson, 1971; R. L. De Valois & K. K. De Valois, 1990). No contexto, a CSF tem sido usada para compreender os mecanismos de processamento visual da forma e contraste.

composto por mecanismos ou canais sintonizados para bandas estreitas de frequências espaciais (R. L. De Valois & K. K. De Valois, 1988; Santos & Simas, 2001a; Simas & Santos, 2002a; Wilson, Levi, Maffei, Rovamo & De Valois, 1990).

A Estimulação Visual: Estímulos Elementares

Na investigação da percepção ou do processamento visual da forma e de contraste dentro da perspectiva de canais múltiplos, as características matemáticas e físicas que definem o estímulo visual no espaço são fundamentais, principalmente, a medida em que estas possam ser relacionadas à detecção e ao reconhecimento ou ao processamento neural que envolve a análise e síntese da imagem percebida. Neste sentido, a variação dos níveis de luminância que determinam o contraste (ou a luminância média que determina o brilho perceptivo) e a frequência espacial assumem um papel importante na percepção visual da forma. Assim, a mensuração da sensibilidade ao contraste em função da configuração espacial que o estímulo pode assumir é um dos aspectos essenciais para se compreender e modelar mecanismos envolvidos no processamento visual de objetos.

Padrão Espacial Circularmente Simétrico e a Função de Sensibilidade ao Contraste

Os estudos clássicos que procuraram caracterizar os mecanismos responsáveis pelo processamento de contraste no SVH se basearam principalmente em resultados com grades senoidais verticais (Blakemore & Campbell, 1969a, 1969b; Blakemore, Nachmias & Sutton, 1970; Campbell & Maffei, 1970, 1974; Campbell & Robson, 1968; Graham, 1972; Maffei & Fiorentini, 1973; Pantle & Sekuler, 1968), estímulos cartesianos semelhantes aos encontrados na Figura 1. Nas últimas décadas, alguns pesquisadores procuraram estabelecer a existência de canais múltiplos para padrões espaciais diferentes de grade senoidal, por exemplo, frequências angulares (Santos & Simas, 2002; Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990; Simas, Frutuoso & Vieira, 1992; Simas & Santos, 2002a, 2002b). Entretanto, a primeira proposta de estudar padrões em coordenadas polares ao invés de

Apesar de Kelly ter proposto estímulo desde 1960, o mesmo só foi utilizado 15 anos depois. Kelly e Magnuski (1975) utilizaram padrões radiais circularmente simétricos para estimar a função cilíndrica de Bessel. De acordo com estes autores, padrões de função cilíndrica de Bessel parecem ser mais adequados para estímulos visuais, fornecendo um centro de simetria. O mesmo não acontece com padrões cartesianos, por exemplo, grade senoidal. O principal objetivo de Kelly e Magnuski foi determinar a função estimada para grades senoidais com a frequência radial modulada pela função de Bessel, J_0 . O fato é que nenhum outro autor utilizou a literatura até 1982, quando Kelly replicou o experimento de 1975, com a técnica psicofísica de ajustar a função onde o voluntário ajustava seu próprio limiar. Os resultados obtidos por Kelly demonstraram uma maior sensibilidade para J_0 foi por volta de 100 Hz. Os resultados de Kelly também mostraram que o sistema é mais sensível para estímulos do tipo grade para estímulos radiais.

Simas e Santos (2002b) mediram a contraste para estímulos radiais modulados pela função esférica de Bessel para vários j_n ($n=0; 1$), no paradigma psicofísico da escolha forçada. Para a primeira ordem da função esférica de Bessel, os autores demonstraram que a faixa de máxima sensibilidade para j_0 se deu por volta de 1 cp/g, enquanto para j_1 se deu por volta de 2 e 3 cp/g.

Atualmente podemos encontrar na literatura trabalhos com estímulos circularmente organizados (Amidor, 1997; Gallant, Brau & van Essen, 1996; Connor, Rakshit, Lewis & van Essen, 1998; Van Essen, 2000; Hess, Wang, Demanins, Wilentz, 1999; Mortensen & Meinhardt, 2001; Viorgette, 1998; Wilkinson, Wilson, & Habak, 1997; Wilkinson, 1997, 1998; Wilson, Wilkinson, 1997). Entretanto, estes utilizaram sugestões teóricas

experimentos acreditam na possibilidade das áreas superiores do SV (Ex.: área visual V4 e córtex ínfero-temporal, IT) processarem informação visual da forma em termos de frequências radiais e angulares, o que pode envolver filtragem de faixas ou áreas inteiras do campo visual. No presente estudo, mensuramos a CSF para grades senoidais, frequências radiais e frequências radiais/angulares acopladas moduladas pela função cilíndrica de Bessel, J_0 . O objetivo principal foi caracterizar a resposta do SVH para estímulos radiais e angulares acoplados. Acreditamos que estímulos elementares radiais e angulares simples ou acoplados são importantes para o processamento visual de objetos simétricos complexos, por exemplo, faces. Estes também podem ser importantes para medir a sensibilidade de células em áreas do córtex visual sensíveis a estímulos simétricos.

Método

Participantes

Participaram dos experimentos 6 voluntários de ambos os sexos com acuidade visual normal ou corrigida na faixa etária de 19-26 anos.

Equipamentos e Estímulos

Foi utilizado o sistema desenvolvido no próprio laboratório, que compreende um monitor de vídeo SONY-BVM-1910, com entrada “RGBsync” entrelaçada e interfaciado a um microcomputador 486 de 30 MHz através de um placa de aquisição Data-Translation DT-2853. Um programa escrito em linguagem “C” foi desenvolvido para executar os experimentos. Uma cadeira giratória foi fixada a 150 cm da tela do monitor de vídeo. Uma tábua cinza foi situada acima do monitor de vídeo para onde o voluntário, entre uma apresentação e outra, deveria fixar o olhar com o objetivo de diminuir os efeitos de pós-imagem. A luminância média foi de 6,9 cd/m² ajustada por um fotômetro do tipo SPOT METTER, com precisão de um grau, ASAHI PENTAX. A luminância mínima foi de 6,2 cd/m² e a máxima de 7,5 cd/m². O ambiente do laboratório era cinza para melhor controle da luminância.

A Figura 1 ilustra exemplos de estímulos radiais e angulares acoplados. Modulações de frequência radial e angular foram usadas como estímulos (Ex.: equações matemáticas na literatura (Santos & Simas, 2002b; Simas, Santos & Thiers, 19

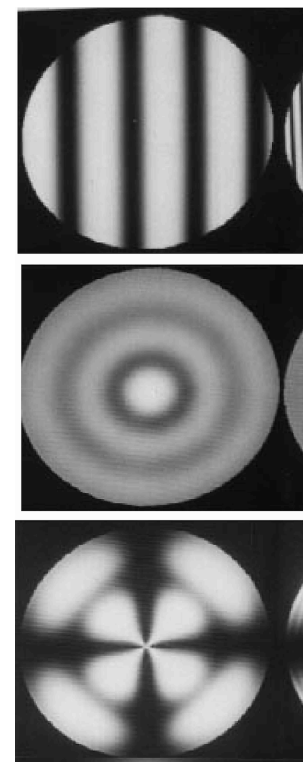


Figura 1. Exemplos de estímulos radiais e angulares acoplados. Acima, grades senoidais; no meio, frequências radiais; e embaixo, frequências radiais/angulares acopladas com frequência angular de 4 ciclos por grau.

Procedimento

As estimativas foram realizadas com uma frequência forçada (Santos, 1999; Simas & Santos, 2002a, 2002b). Este método

Durante cada sessão experimental era apresentada uma sequência de estímulos que foi iniciada por um sinal sonoro seguido imediatamente pela apresentação do primeiro estímulo por 2 s, seguido de um intervalo entre estímulos de 1 s, seguido pela apresentação do segundo estímulo por 2 s e da resposta do voluntário. A ordem de apresentação dos estímulos era aleatória. Se a resposta do voluntário fosse correta, era seguida por outro sinal sonoro e um intervalo de 3 s para a sequência se repetir. Em outras palavras, o intervalo entre tentativas era de 3 s independente da resposta (ou escolha) ser correta ou não. O sinal sonoro que indicava o início da apresentação do par de estímulos e o que indicava a escolha correta eram diferentes e discretos. A sessão experimental variava em duração dependendo dos erros e acertos do voluntário até proporcionarem um total de 10 máximos e 10 mínimos conforme requerido para o final automático da mesma.

Cada um dos pontos (ou frequências) da curva de limiar de contraste para frequências radiais ou frequências radiais/angulares acopladas corresponde a uma sessão experimental. Cada frequência foi estimada pelo menos duas vezes, em dias diferentes, por cada um dos seis voluntários. Em média, 12 curvas foram medidas para cada conjunto de estímulo (espaciais, radiais e radiais/angulares acoplados) gerando uma amostra de aproximadamente 240 valores para cada um dos pontos estimados. Todas as estimativas foram medidas à distância de 150 cm, com visão binocular.

Os voluntários foram orientados antes da sessão a pressionar a barra de espaço quando julgassem que o estímulo de teste tivesse sido apresentado primeiro e qualquer tecla acima da barra de espaço quando julgasse que o mesmo tivesse sido apresentado em segundo lugar, isto é, após o estímulo de fundo. Em outras palavras, a tarefa do observador foi escolher sempre o estímulo que continha a frequência espacial, radial ou radial/angular acoplada.

Resultados

A Figura 2 mostra as curvas de limiar de contraste para os

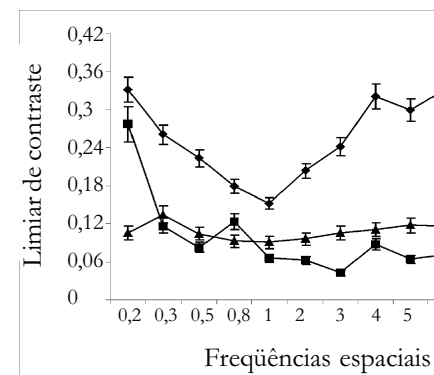


Figura 2. Curvas de limiar de contraste radiais (1/rCSF), grades senoidais (1/CSF) radiais acopladas à frequência angular (1/r.aCSF). As barras verticais correspondem ao erro-padrão da média corrigido para o tamanho da amostra pelo *t-Student* com intervalo de confiança de 95%.

mais estrito do que a utilização da ANOVA para amostras correlacionadas. Por exemplo, quando os erros-padrão da média assim corrigidos são até mesmo pela metade, ainda assim um teste de amostras correlacionadas revela diferenças que são significativas com $p < 0,05$. Nos testes de erros-padrão não se sobrepõem, as médias são significativas com $p < 0,001$. A ANOVA tende a mostrar resultados não significativos em todos os fatores e não fornece informação.

A Figura 2 mostra a média geral dos limiares de contraste para todos os participantes em função da frequência senoidais (1/CSF), frequências radiais (1/rCSF) e frequências radiais/angulares acopladas (1/r.aCSF) e do ângulo visual (cpg). As barras verticais representam os erros-padrão das médias com intervalos de confiança corrigidos para o tamanho da amostra pelo *t-Student*.

Simas e colaboradores demonstraram que a sensibilidade ao contraste para frequências acima de 100 Hz era mais alta do que para frequências abaixo de 100 Hz (Simas, 1997; Simas & Santos, 2002b). Portanto, é possível que o acoplamento de frequências de 100 Hz melhorasse a sensibilidade ao contraste.

simétricos e sofrem pouca influência da orientação, pode-se esperar menor sensibilidade para estímulos radiais puros. Esta hipótese é reforçada por Simas e colaboradores que mostram maior sensibilidade para frequências angulares comparadas a frequências espaciais e radiais. Estudos neurofisiológicos, também, sugerem que estímulos em coordenadas polares são processados por mecanismos distintos e em áreas corticais distintas (Desimone & Schein, 1987; Gallant & cols., 1993, 1996; Kobatake & Tanaka, 1994; Tanaka, 1996; Van Essen & cols., 1992). Por exemplo, em 1994 Kobataka e Tanaka encontraram células seletivas a estímulos radiais na área visual V2, enquanto Gallant e colaboradores (1993, 1996) encontraram evidências para estímulos radiais e angulares na área visual V4.

Os dados discutidos até aqui demonstram que a sensibilidade do SVH para determinados estímulos depende das características espaciais, físicas, do modelo matemático e do sistema de coordenadas (polares ou cartesianas) que definem os mesmos. Estas características, dentre outras, por sua vez, estão relacionadas à detecção, ao processamento neural e à integração final da imagem percebida. Levando em conta estas ou partes destas considerações, além do contexto experimental em que os estímulos estão inseridos, podemos afirmar que o SVH é mais sensível para frequências angulares e menos sensíveis para frequências radiais puras. Assim, a ordem decrescente do mais sensível para o menos sensível neste trabalho foi: $1/CSF > 1/r_aCSF > 1/rCSF$.

Assim podemos concluir que o SVH é sensível a estímulos descritos em um sistema de coordenadas polares. Estes achados reforçam a idéia de um possível envolvimento de padrões radiais e angulares em coordenadas polares no processamento e reconhecimento de objetos.

Estes resultados estão de acordo com dados psicofísicos (Wilson & Wilkinson, 1998; Wilson & cols, 1997) e fisiológicos que relatam o envolvimento de V4 e IT no processamento e amostragem de áreas grandes do campo visual ou processamento de forma global, por exemplo faces (Bruce, Desimone & Gross, 1981; Desimone, 1991; Desimone & Gross, 1987; Gauthier & Tarr, 1993, 1998).

K. K. De Valois, 1988; Manahilov & Wilkinson & cols., 2000; Wilson & Wilkinson & cols., 1997). Por outro lado, até o momento nenhum relato de que unidades neurais primárias, V1, executem filtragem de coordenadas polares, amostrando áreas da visual. Por outro lado, existem dados baseados em psicofísicos em humanos (Wilkinson & cols., 1997, 1998; Wilson & cols., 1997) e neurofisiológicos em primatas (Bruce & Desimone, 1991; Desimone & Schein, 1987, 1993, 1996; Hegde & Van Essen, 2000; Merigan & Van Essen, 1992, 1996; Van Essen & cols., 1992, 1996) e com imagem de ressonância magnética em humanos (Wilkinson & cols., 2000), de que a informação que ocorre em vias intermediárias e áreas mais avançadas (Ex.: IT) do sistema visual é modelada por filtros espaciais globais de coordenadas polares. Alguns desses trabalhos destacaram que a área V4 pode formar o elo intermediário da visão de forma de V1 para áreas avançadas (Ex.: IT) (Wilkinson & cols., 1992, 1996; Merigan, 1996; Van Essen & cols., 1992, 1996; Young, 1992). Inclusive, alguns trabalhos mostraram que os campos receptivos de unidades neurais em áreas avançadas são muito maiores do que os campos receptivos de V1 (Desimone & Schein, 1987; Kobatake & Merigan, 1996; Tanaka, 1996). Assim, os dados de processamento e integração de padrões de coordenadas polares ocorram em áreas visuais extra-estriais (Ex.: IT). O estudo de Wilkinson e colaboradores, usando técnica de imagem de ressonância magnética em humanos reforçou os estudos psicofísicos e neurofisiológicos com primatas que mostraram inicialmente que estímulos em coordenadas polares processados em áreas extra-estriais (Ex.: IT). Assim, este estudo reforçou a idéia de que a informação de humanos e de primatas são muito semelhantes. Em artigo recente, Connor (2000) afirmou que a informação de coordenadas polares é processada em áreas avançadas do sistema visual.

sobre processamento de estímulos elementares em coordenadas polares e o processamento e o reconhecimento de faces com enfoque no processamento de áreas grandes do campo visual ou processamento global.

Em síntese, estes resultados fornecem evidências para mecanismos distintos sintonizados para percepção de padrões simétricos em coordenadas polares. Por outro lado, estes resultados sobre detecção por si só não podem provar que o SV utiliza frequências radiais e angulares simples ou acopladas para processar e reconhecer objetos ou uma cena visual. Portanto, o fato de o SVH ser sensível a estímulos desta natureza é um indício forte da importância destes estímulos no processamento visual da forma, mas não que estes sejam realmente empregados neste processo.

Referências

- Amidor, I. (1997). Fourier spectrum of radially periodic images. *Journal of the Optical Society of America A*, 14, 816-826.
- Blakemore, C. & Campbell, F. C. (1969a). Adaptation to spatial stimuli. *Journal of Physiology*, 200, 11-12.
- Blakemore, C. & Campbell, F. C. (1969b). On the existence of neurons in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. *Journal of Physiology*, 203, 237-260.
- Blakemore, C., Nachmias, J. & Sutton, P. (1970). The perceived spatial frequency selective neurones in the human brain. *Journal of Physiology*, 210, 727-750.
- Braddick, O., Campbell, F. W. & Atkinson, J. (1978). Channels in vision: Basic aspects. Em R. Held, H. W. Leibowitz & H. L. Teuber (Orgs.), *Handbook of Sensory physiology: Perception*. (Vol. V, pp. 3-38). New York: Springer-Verlag.
- Bruce, C. J., Desimone, R. & Gross, C. G. (1981). Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque. *Journal of Neurophysiology*, 46, 369-384.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1970). Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. *Journal of Physiology*, 207, 635-652.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1974). Contrast and spatial frequency. *Scientific American*, 231, 106-114.
- Campbell, F. W. & Robson, F. G. (1968). Application of the Fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, 197, 551-566.
- Connor, C. E. (2000). Visual perception: Monkeys see things our way. *Current Biology*, 10, R836-R838.
- Cornsweet, T. N. (1970). *Vision perception*. New York: Academic Press.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. New York: Oxford University Press.

- Hegde, J. & Van Essen, D. C. (2000). Selective processing of spatial frequency in visual area V2. *Journal of Neuroscience*, 20, 1115-1116.
- Hess, R. F., Wang, Y. -Z., Demanins, R., Wiesel, R. N. & Hubel, D. H. (1990). Deficit in strabismic amblyopia for global motion. *Journal of Neuroscience*, 10, 901-914.
- Heywood, C. A., Gadotti, A. & Cowey, A. (1996). The role of the visual system in the perception of color. *Journal of Neuroscience*, 16, 1115-1116.
- Kelly, D. H. (1960). J₀ stimulus patterns for the human visual system. *Journal of the Optical Society of America*, 50, 1115-1116.
- Kelly, D. H. (1982). Motion and vision: The role of the visual system in the response. *Journal of the Optical Society of America*, 72, 1115-1116.
- Kelly, D. H. & Magnuski, H. S. (1975). Pattern detection: Circular targets. *Journal of the Optical Society of America*, 71, 1115-1116.
- Kobatake, E. & Tanaka, K. (1994). Neuronal selectivity for the shape of objects in the ventral visual pathway of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 71, 856-867.
- Maffei, L. & Fiorentini, A. (1973). The visual system as a spatial-frequency filter. *Vision Research*, 13, 1255-1267.
- Manahilov, V. & Simpson, W. A. (2001). The role of spatial-frequency and orientation selectivity in the human visual system. *Vision Research*, 41, 1547-1560.
- Merigan, W. H. (1996). Basic visual capabilities of extrastriate area V4 in macaques. *Vision Research*, 36, 1115-1116.
- Mortensen, U. & Meinhardt, G. (2001). Detection of targets: Further evidence for the match filter hypothesis. *Biological Cybernetics*, 85, 1115-1116.
- Pantle, A. & Sekuler, R. (1968). Size detection in the human visual system. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 1146-1148.
- Sachs, M. B., Nachmias, J. & Robson, J. G. (1971). The contrast sensitivity of human vision. *Journal of the Optical Society of America*, 67, 1115-1116.
- Santos, N. A. (1999). *Sistema visual humano: Características, funções e aplicações*. Curso de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade de São Paulo.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001a). A percepção da forma: Discutindo modelos teóricos. *Revista de Psicologia*, 15, 151-160.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001b). Indicador da percepção visual da forma. *Reflexão e Crítica*, 14, 589-597.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2002). Percepção da forma em humanos: Filtros de frequências radiais e angulares. *Reflexão e Crítica*, 15, 383-391.
- Simas, M. L. B. (1985). *Linearity and domain in the human visual system*. Queen's University at Kingston, Ontario, Canada: International. Ann Arbor: Michigan.
- Simas, M. L. B. & Dodwell, P. C. (1990). A model of the human visual system. *Journal of the Optical Society of America*, 8, 1115-1116.

- Van Essen, D. C., Anderson, C. H. & Felleman, D. J. (1992). Information processing in the primate visual system: An integrated systems perspective. *Science*, 255, 419-423.
- Verrall, S. C. & Kakarala, R. (1998). Disk-harmonic coefficients for invariant pattern recognition. *Journal of the Optical Society of America A*, 15, 389-401.
- Vincent, A. & Regan, D. (1995). Parallel independent encoding of orientation, spatial frequency, and contrast. *Perception*, 24, 291-299.
- Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Sequential estimation of points on a psychometric function. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 48, 1-10.
- Wilkinson, F., Wilson, H. R. & Habak, C. (1998). Detection and recognition of radial frequency patterns. *Vision Research*, 38, 3555-3568.
- Wilkinson, F., James, T. W., Wilson, H. R., Gati, J. S., Menon, E. S. & Goodale, M. A. (2000). An fMRI study of the selective activation of human extrastriate form vision areas by radial and concentric gratings. *Current Biology*, 10, 1455-1458.
- Wilson, H. R., Levi, D., Maffei, L., Rovamo, J. & De Valois, R. (1990). The perception of form: Retina to striate cortex. Em S. W. Spillmann & J. S. Werner (Orgs.), *Visual perception: The neurophysiological foundation* (pp. 231-271). New York: Academic Press.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1997). Evolving concepts of form vision: From independence to nonlinear interaction. *Perception*, 26, 1-14.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1998). Detection of global form: Implications for form vision. *Vision Research*, 38, 29-38.
- Wilson, R. W., Wilkinson, F. & Asaad, W. (1997). Concentric form vision in human form vision. *Vision Research*, 37, 2325-2332.
- Young, M. P. (1992). Objective analysis of topological organization in the cortical visual system. *Nature*, 358, 152-155.

Sobre os Autores

Natanael Antonio dos Santos é Doutor em Psicologia (Neurociências e Comportamento) pelo Instituto de Psicologia Experimental da USP (1999). Professor Adjunto do Departamento de Psicologia da Universidade Federal da Paraíba. É Coordenador do Laboratório de Processamento Visual – LabPVis. Linha de Pesquisa: