



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  
Percepção e Processamento Visual da Forma em Humanos: Filtros de Freqüências Radiais de 1 e 4  
cpg  
Psicologia: Reflexão e Crítica, vol. 15, núm. 2, 2002, pp. 383-391  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18815215>

- ▶ 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

## **Percepção e Processamento Visual da Forma em Humanos: Filtros de Freqüências Radiais de 1 e 4 cpg**

*Natanael Antonio dos Santos<sup>1</sup>*

*Maria Lúcia de Bustamante Simas*

*Universidade Federal de Pernambuco*

---

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi mensurar curvas de resposta ao contraste para os filtros de freqüências radiais de 1 e 4 cpg para padrões espaciais modulados pela função cilíndrica de Bessel ( $J_0$ ). Foram estimadas 15 curvas para cada filtro dentro do paradigma psicofísico de somação de resposta de supra-limiar aliado ao procedimento da escolha forçada entre 5 voluntários adultos com acuidade visual normal ou corrigida. Os resultados demonstraram efeitos de somação de limiar de contraste na freqüência de teste dos filtros de 1 e 4 cpg circundadas por inibições nas freqüências radiais de teste de cada filtro. Estes resultados são consistentes com a existência de filtros de banda estreita operando no sistema visual humano através do processo de somação ou inibição de freqüências específicas.

*Palavras-chave:* Processamento visual de forma; filtro radial; freqüência radial; somação de supra-limiar.

**Perception and Visual Processing of Form in Humans: Radial Frequency Filters of 1 and 4 cpg**

---

### **Abstract**

The aim of this work was to measure narrow-band frequency response curves for two radial frequency filters of 1 and 4 cpd, for spatial patterns modulated by cylindrical Bessel profiles,  $J_0$ , whose test frequencies were 1 and 4 cpd. Five humans with normal or corrected visual acuity measured 15 curves for each filter with a supra-threshold response summation within a forced-choice paradigm. The results showed maximum summation effects at test frequencies surrounded on both sides by strong inhibition. These results are consistent with the existence of narrow filters operating in human visual system either through summation or inhibition of specific frequency bands.

*Keywords:* Visual processing of form; radial frequency filter; radial frequency; supra-threshold summation.

---

A primeira proposta de estudar padrões em coordenadas polares ao invés de coordenadas cartesianas (grade senoidal) partiu de Kelly (1960), que sugeriu estímulos circularmente simétricos, os quais ele denominou de alvo  $J_0$ , isto é, estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel de ordem zero. Esta classe de padrões tem recebido outras denominações, como por exemplo, alvo olho de boi (*Bull's-eye*), grades circulares, dentre outras. Nós temos denominado de estímulo elementar de freqüência radial porque a modulação de contraste varia

Apesar de Kelly ter proposto o estímulo de alvo  $J_0$  desde 1960, o mesmo só foi usado em experimentos quando Kelly e Magnuski (1967) usaram estímulos de freqüências radiais circularmente simétricas para medir a função de sensibilidade ao estímulo visual humano, SVH. De acordo com Kelly (1960), estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel são mais naturais como estímulo visual do que estímulos paralelos, por exemplo, grades circulares.

para estímulos do tipo grade senoidal do que para estímulos radiais.

Em 1996, Santos mediou a sensibilidade ao contraste para estímulos radiais modulados pela função esférica de Bessel para vários  $jn$  ( $n = 0, 1, 2, 4, 8$  e  $16$ ) com o paradigma psicofísico da escolha forçada. O  $n$  representa a ordem da função de Bessel. Os resultados demonstraram que a faixa de máxima sensibilidade para estes estímulos depende da ordem da função. Por exemplo, a sensibilidade do SVH para  $j_0$  se deu por volta de 1 cpg, enquanto que para  $j_{16}$  se deu por volta de 2 e 3 cpg (Santos, 1996; Simas & Santos 1997).

Em 1999, Santos também mediou a sensibilidade do SVH para estímulos modulados pela função cilíndrica de Bessel ( $J_0$ ) com o paradigma psicofísico da escolha forçada. Neste estudo, utilizou-se estímulos semelhantes ao de Kelly (Kelly, 1960, 1982; Kelly & Magnuski, 1975). Os resultados encontrados foram semelhantes ao de Kelly, isto é, a sensibilidade máxima do SVH ocorreu em torno da freqüência radial de 1 cpg.

Atualmente, podemos encontrar na literatura outros trabalhos com estímulos concentricamente simétricos, por exemplo (Amidor, 1997; Gallant, Brau & van Essen, 1993; Gallant, Connor, Rakshit, Lewis & van Essen, 1996; Hegde & van Essen, 2000; Hess, Wang, Demanins, Wilkinson & Wilson, 1999; Verrall & Kakarala, 1998; Wilkinson, Wilson & Habak, 1998; Wilson & Wilkinson, 1997, 1998; Wilson, Wilkinson & Asaad, 1997), entretanto, estes utilizam sugestões teóricas diferentes de Kelly (Kelly, 1960; Kelly, 1982; Kelly & Magnuski, 1975), Santos (1996, 1999) e Simas (Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990; Simas & Santos, 1997, 1998). Por exemplo, os estudos de Gallant e colaboradores (1993, 1996) utilizaram estímulos com modulação de onda senoidal ou quadrada baseados em freqüências radiais e angulares para testar a resposta de células na área visual V4 de macacos.

Filtros de Freqüências Espaciais no Sistema Visual

<sup>1</sup> A. J. Ladd, "The Politics of Globalization," *Journal of Democracy*, 10, 2 (April 1999), pp. 10-25.

boa parte das evidências psicofísicas e favoráveis a abordagem de canais múltiplos espaciais.

Os estudos clássicos que procuraram mecanismos responsáveis pelo processamento no SVH se basearam principalmente em grades senoidais verticais, estímulos encontrados na Figura 4 (Blakemore & Campbell, 1969b; Blakemore, Nachmias & Sutton, 1970, 1974; Campbell & Robson, 1972; Maffei & Fiorentini, 1973; Pante & Maffei, 1977). Nas últimas décadas, alguns pesquisadores tentaram estabelecer a existência de filtros ou canais para freqüências espaciais diferentes de gradação. Por exemplo, freqüências angulares (Santos, Simas & Dodwell, 1990; Simas, Frutuoso & Santos, 1998).

Do ponto de vista psicofísico um círculo corresponde a uma estrutura visual indexada com uma faixa estreita de freqüência (Bentler, 1999; Santos & Simas, 2001a).

Em 1985, Simas mensurou a resposta ao filtro de frequência angular de 24 ciclos. Simas e colaboradores estimaram a resposta para um número maior de filtros de frequência angular, como por exemplo os filtros angulares de 24 e 47 ciclos (Simas & Dodwell, 1992). Esses trabalhos foram realizados no campo psicofísico de somação de resposta de suporte ao procedimento da escolha forçada encontrados por Simas e colaboradores. Os efeitos de somação absoluta e relativa de angulares de teste dos filtros circundantes. O que levou os autores a concluírem a falta de alguma seletividade para faixas de frequências angulares.

O Paradigma Psicofísico de Somaç

1 2 11 1

contraste sub-limiar para mensurar o máximo da função, utiliza-se somação de resposta de supra-limiar de contraste, onde a freqüência de teste é somada pixel a pixel às freqüências de fundo que são apresentadas a alto contraste. Nesse, enquanto o contraste da freqüência de teste é variado de acordo com a sensibilidade do voluntário, o contraste da freqüência de fundo é fixo acima do limiar (isto é, supra-limiar). Desta forma, se um estímulo contendo apenas uma das freqüências de fundo é comparada a um estímulo em que a mesma freqüência de fundo é somada a freqüência de teste, a única forma de diferenciar entre os dois estímulos é detectar a presença da freqüência de teste em um destes. Informações mais detalhadas sobre este paradigma podem ser encontrado em Santos (1996, 1999) e Simas e colaboradores (Simas & Dodwell, 1990; Simas & Santos, 1998; Simas & cols., 1992).

Durante o processo de filtragem, três tipos de respostas podem ocorrer: 1) aquelas em que determinadas freqüências de fundo podem se somar à freqüência de teste do filtro facilitando a sua detecção (efeito de somação); 2) aquelas em que as freqüências de fundo e de teste podem não se somar, não facilitando nem dificultando sua detecção (efeito independente); ou, 3) aquelas em que as freqüências de fundo podem inibir a percepção da freqüência de teste do filtro, dificultando a sua detecção (efeito inibitório). A sensibilidade ao contraste da freqüência de teste em função das freqüências de fundo, usando como referência o limiar absoluto de detecção da freqüência de teste, indicará a independência dos mecanismos de detecção ou os efeitos de somação ou inibição.

A interpretação dada ao paradigma de supra-limiar é: 1) se a superposição da freqüência de teste do filtro à freqüência de fundo facilita ou diminui o valor de contraste absoluto necessário à detecção, isto pode ser porque a freqüência de teste e a freqüência de fundo estão sendo processadas pelo mesmo mecanismo ou canal; 2) se a superposição da freqüência de teste à freqüência de fundo dificulta ou aumenta o valor de contraste absoluto, isto podem ser porque elas são processadas por canais diferentes.

passar alguma coisa ou não de aquelas freqüências que estão do filtro. É importante destacar a largura da banda, mais alta sua espacial e vice-versa.

## O Presente Estudo

Este estudo dá continuidade a outros que procuram caracterizar a resposta de freqüências espaciais em diferentes partes destes experimentos acerca das áreas superiores do sistema visual, no córtex infero-temporal, IT) visual de forma em termos angulares, o que pode envolver áreas inteiras do campo visual.

O presente estudo procura canais sintonizados para freqüências no perfil cilíndrico de Bessel, J<sub>0</sub>. Atualmente existem estimativas para filtros de freqüências (Santos, 1999; Simas, 1985; Simas & cols., 1992; Simas & Santos, 1998).

O objetivo principal foi estudar os efeitos de filtros de freqüências radiais de padrões de freqüências espaciais cilíndrica de Bessel, isto é, em coordenadas polares.

## Método

### Participantes

Participaram dos experimentos 12 homens e 12 mulheres, ambos os sexos com acuidade visual normal e idade média de 20-25 anos.

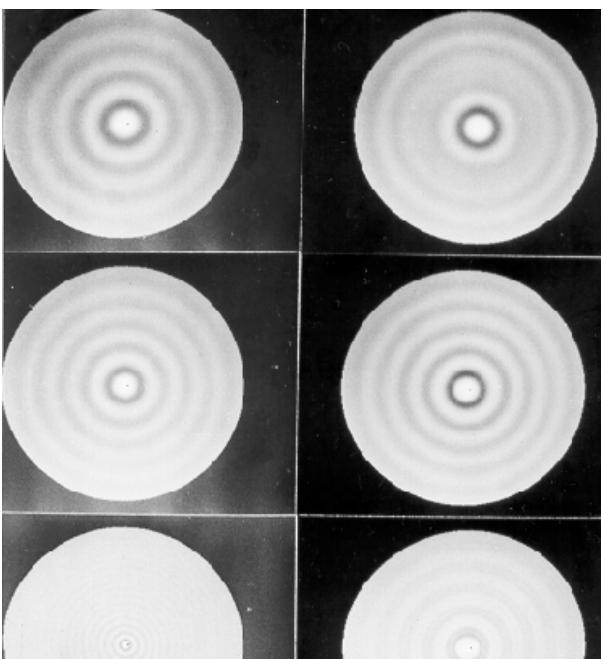
### Equipamentos e Estímulos

Foi utilizado o sistema de exibição de laboratório, que compreendeu um monitor SONY PVM 1010.

a máxima de 2,2 fL. O ambiente do laboratório era cinza para melhor controle da luminância.

Os estímulos de freqüências radiais foram gerados em tons de cinza e apresentados em tempo real no monitor. Todos os estímulos também eram circulares com um diâmetro de 7,25 graus de ângulos visuais a 150 cm de distância da tela (Figura 1).

As estimativas foram feitas utilizando pares de estímulos, estímulo de teste e estímulo de fundo. O estímulo de teste era composto pela freqüência de teste do filtro (1 ou 4 cpg) somada a uma das freqüências de fundo, por exemplo: 0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 0,8 ; 1; 2; 3; 4; 5; 6 ou 9 cpg. O estímulo de fundo foi a própria freqüência de fundo sozinha. A Figura 1 ilustra exemplos de pares de estímulos de freqüências radiais utilizados, por exemplo, para mensurar o filtro radial de 1 cpg.



### Procedimento

O procedimento de resposta de supra-limiar para cada filtro consistiu na apresentação simples do par de estímulos e o voluntário escolher dentre os dois estímulos qual a freqüência radial de teste do filtro somado à freqüência radial de fundo. O contraste da freqüência de fundo permaneceu constante e correspondia a cinza absoluto de detecção da freqüência de fundo de 1 ou 4 cpg, tanto no estímulo de teste como no de fundo. Somente o contraste supra-limiar do teste era variada, diminuindo ou aumentando com o método da escolha forçada (Wetherill, 1965). O critério adotado para variar o contraste do teste era o de três acertos consecutivos para a unidade e um erro para acrescer da mesma. Este procedimento experimental se baseava na probabilidade de acertos consecutivos do voluntário, ou seja, em cerca de 100-150 tentativas de escolhas entre os dois estímulos, o estímulo percebido 79% das vezes pelo voluntário.

A seqüência temporal foi iniciada com a apresentação do estímulo de fundo, seguido imediatamente pela apresentação do estímulo de teste, que durava 2 s, seguido de um intervalo de 1 s, seguido pela apresentação do segundo estímulo de teste, que durava 2 s e da resposta do voluntário. A ordem de apresentação dos estímulos era aleatória. Se a resposta do voluntário era correta, ela era seguida por outro sinal sonoro de 3 s para a seqüência temporal se reiniciar. As palavras, 3 s era o intervalo entre tentativas de resposta (ou escolha) ser correta ou não. O sinal de 3 s indica o início da apresentação do par de estímulos. As palavras que indicava a escolha correta eram diferentes em cada sessão experimental variava em duração entre 10 segundos e 10 segundos, conforme o resultado de erros e acertos do voluntário até proporção de 10 máximos e 10 mínimos conforme o resultado final automático da mesma. Sua duração era de 10 segundos.

Cada uma das 11 sessões experimentais requeridas para medir cada um dos dois filtros foi realizada pelo menos três vezes, em dias diferentes, por cada um dos 5 voluntários. Portanto, um total de 15 curvas (ou funções) foi medida para cada filtro gerando uma amostra de 300 valores para cada um dos 11 pontos estimados (cada freqüência de fundo correspondeu a um ponto e a uma sessão experimental).

## Resultados

A Figura 2 mostra as curvas de respostas ao contraste para os filtros de freqüências radiais de 1 e 4 cpg. As freqüências radiais de fundo são apresentadas nos gráficos em função da quantidade de contraste necessário para identificar a presença da freqüência radial de teste no par que continha a soma. Estamos chamando este dado de limiar para a freqüência de teste somada a cada freqüência de fundo de limiar de contraste para o estímulo teste na soma. A linha horizontal representa a linha de base, que equivale ao limiar absoluto para detectar a freqüência de teste do filtro (1 ou 4 cpg) isolada.

Nosso tratamento estatístico foi estimar o erro padrão da média para cada distribuição de 300 valores mensurados para cada ponto e corrigidos para o tamanho da amostra pelo estatístico *t-student* para obter o nível de confiança de 99%. Em experimentos anteriores, foi estabelecido que o erro padrão da média, corrigido pelo tamanho da amostra representando intervalo de confiança de 99% pelo estatístico *t-student*, de acordo com o número de valores mensurados, é um critério mais estrito do que a utilização da ANOVA ou teste *t* para amostras correlacionadas. Por exemplo, quando os intervalos dos erros-padrão da média assim corrigidos se superpõem até mesmo pela metade, ainda assim um teste *t-student* para amostras correlacionadas revela diferenças entre as médias que são significativas com  $p < 0,05$ . Nos casos em que os erros barras não se sobrepõem, as médias são significativas com  $p < 0,001$ . A ANOVA pode

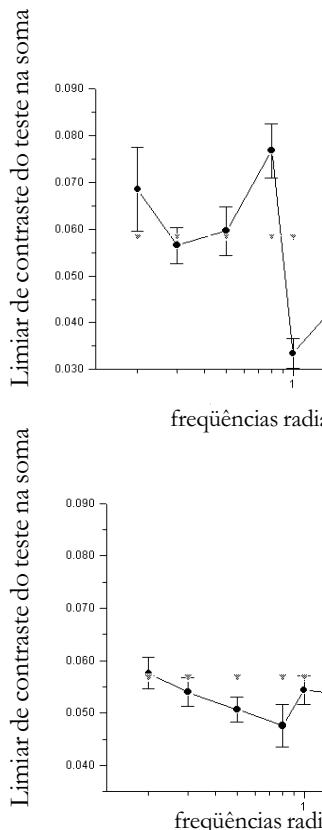


Figura 2. Mostra as curvas de freqüência radial de teste do filtro de 4 cpg (topo) e 1 cpg (fundo) somada às respectivas freqüências de fundo representadas na abscissa.

indicando claramente efeitos de efeito de fundo. Em outras palavras, a banda de freqüência radial é circundada em ambos os lados de inibição.

Estes resultados são consistentes com a filtragem de freqüências espaciais, que é realizada na faixa de freqüência estudada.

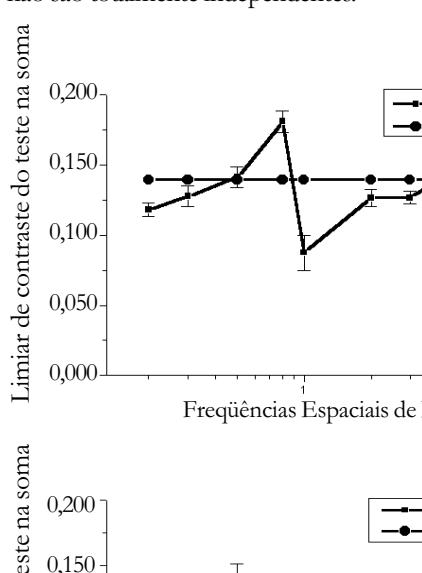
estímulo, por exemplo, freqüência espacial. Assim, se um segundo estímulo que difere do primeiro ao longo da faixa de freqüência (ou uma outra dimensão qualquer) é apresentado na mesma área, ele ativará um grupo de neurônios diferente do primeiro. Em outras palavras, estímulos diferentes são processados por grupos ou subunidades de neurônios diferentes, os quais formam a base dos canais ou filtros.

A filtragem espacial realizada pelo SVH parece ter uma função crucial, pois permite ao sistema lidar seletivamente com uma diversidade muito grande de características simples e complexas de objetos em estágios anteriores que possivelmente são integradas em estágios posteriores, permitindo a reconstrução e interpretação do objeto ou da cena visual, que possivelmente resulta naquilo que denominamos de percepção visual da forma. A grande maioria de nossas idéias sobre o mundo é baseada na visão.

O objetivo principal do sistema visual talvez seja representar o ambiente visual da maneira mais concreta para a realidade na qual o sistema foi adaptado. Há quem acredite, que o sistema visual existe para derivar da imagem a informação que nós precisamos e não simplesmente para recriar a imagem projetada na retina (Braddick, Campbell & Atkinson, 1978).

A existência de filtros de freqüência espacial de banda estreita no SVH foi demonstrado inicialmente com estudos psicofísicos para estímulos cartesianos verticais, grade senoidal, (Blakemore & Campbell, 1969b; Graham, 1972; Sachs & cols., 1971). Esses trabalhos iniciais indicaram que os canais que processavam banda estreita eram independentes. Entretanto, com o passar dos anos, novos estudos foram surgindo e verificou-se que esses canais podiam interagir entre si (Braddick & cols., 1978; De Valois, 1977; Pollen & Ronner, 1982; Tolhurst, 1972; Tolhurst & Barfield, 1978). Em outras palavras, um modelo de canais múltiplos não implica necessariamente que em qualquer condição de estimulação e teste o sistema

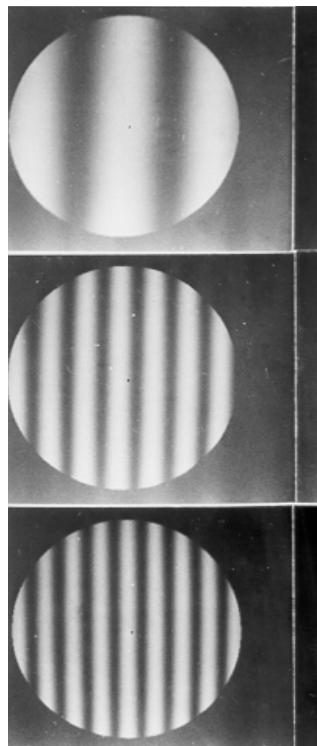
coordenadas polares. Resultados nesta área foram descritos na literatura para grade senoidal em coordenadas cartesianas (De Valois, 1977; Tolhurst, 1972; Barfield, 1978) e também para estímulos angulares em coordenadas polares (Simas & Dodwell, 1990; Simas & cols., 1992). Alguns trabalhos com grade senoidal em coordenadas polares mostraram interações entre canais de sensibilidade aumentada para freqüências de cerca de uma oitava da freqüência da gradação (De Valois, 1977; Tolhurst, 1972; Tolhurst & Barfield, 1978). Esses autores discutiram que isso constitui interações entre canais de freqüências adjacentes. Os resultados também mostraram interações entre o segundo e o terceiro harmônico (Pollen & Ronner, 1982). Estes resultados serem com padrões cartesianos em coordenadas polares, são interessantes na medida em que os resultados para filtros radiais em coordenadas polares também apresentam interação entre canais de freqüência espacial radial de banda estreita. Estes resultados demonstram que os canais para freqüências adjacentes não são totalmente independentes.



A Figura 3 mostra as curvas de resposta ao contraste para filtros de freqüência espacial (grade senoidal) de 1 e 4 cpg mensuradas em nosso laboratório com o mesmo método psicofísico utilizado para mensurar os filtros de freqüência radial de 1 e 4 cpg. Apesar destas medidas terem sido feitas com equipamentos diferentes, as curvas de filtragem para freqüência radial e grade senoidal se comportam de maneira semelhante, ou seja, ambas mostram somação máxima na freqüência de teste dos filtros de 1 e 4 cpg (Figura 3). As curvas de filtragem para padrões radiais e grades senoidais deixam claras a seleitividade do SVH para esses dois tipos de padrões espaciais com características espaciais um tanto diferente. Isto é, grade senoidal é um estímulo clássico cuja luminância varia senoidalmente e unidirecionamente no espaço e pode ser facilmente definido em um sistema de coordenadas cartesianas. Ao passo que estímulo radial modulado pela função cilíndrica de Bessel é um estímulo cuja luminância varia senoidalmente e unidirecionalmente na direção radial (ou seja, a luminância varia do centro para a periferia desse tipo de padrão), o que o torna um estímulo facilmente definido em um sistema de coordenadas polares com a origem do sistema de coordenadas no centro do estímulo. Exemplos de estímulos de freqüência radial, freqüência angular e freqüência radial/angular acoplada pode ser encontrado em Santos (1996, 1999) e Santos e Simas (2001b). Esses trabalhos também apresentam funções matemáticas utilizadas para gerar estímulos dessa natureza.

A Figura 4 ilustra exemplos de pares de estímulos de freqüências espaciais, grade senoidal, utilizados para estimar, por exemplo, o filtro espacial de 1 cpg.

Os resultados encontrados para os filtros radiais de 1 e 4 cpg com o paradigma de somação de resposta de supra-limiar, também, são semelhantes aos resultados encontrados por Simas e colaborados (Simas, 1985; Simas & Dodwell, 1990; Simas & cols., 1992) para freqüências angulares, em coordenadas polares, com o mesmo tipo de estimativa. O que Simas et al. (1992) fizeram para se ajustar a qualquer tipo



*Figura 4.* Exemplos de pares de estímulos de freqüências espaciais, grade senoidal, utilizados para estimar o filtro espacial de 1 cpg. Acima à esquerda ET de 0,3+1 cpg, ao centro ET de 1 cpg e à direita ET de 0,8+1 cpg. Abaixo à esquerda ET de 1 cpg e à direita ET de 0,3+1 cpg. Os estímulos originalmente calibrados para uma distância de fundo e ET = estímulo originalmente calibrados para uma distância antes de fotografado.

filtragem executado pelo SVH. Isso nos leva a crer que a circuitaria visual para se ajustar a qualquer tipo

*Evidências neurofisiológicas para filtragem de estímulos espaciais em coordenadas polares:*

Existem fortes evidências, baseadas em estudos psicofísicos e neurofisiológicos, de que o processamento linear ou filtragem espacial local sintonizada para orientação e freqüência espacial de estímulos projetados na retina ocorre nos estágios iniciais da visão, isto é, em neurônios do córtex visual primário, V1 (De Valois & De Valois, 1988; Manahilov & Simpson, 2001; Wilkinson & cols., 2000; Wilson & Wilkinson, 1998; Wilson & cols., 1997). Ao contrário, até o momento não existe nenhum relato que unidades neurais da área visual primária, V1, executem filtragem de estímulos em coordenadas polares, amostrando áreas grandes do campo visual. Por outro lado, existem dados baseados em estudos psicofísicos em humanos (Wilkinson & cols., 1998; Wilson & Wilkinson, 1997, 1998; Wilson & cols., 1997), neurofisiológicos em primatas (Bruce, Desimone & Gross, 1981; Desimone, 1991; Desimone & Schein, 1987; Gallant & cols., 1993, 1996; Hegde & Van Essen, 2000; Heywood, Gadotti & Cowey, 1992; Merigan, 1996; van Essen, Anderson & Felleman 1992; Young, 1992) e imagem de ressonância magnética funcional em humanos (Wilkinson & cols., 2000), de que o processamento da informação que ocorre em vias intermediárias (Ex.: área visual V4) e áreas mais avançadas (Ex.: córtex visual inferotemporal, IT) do sistema visual são modeladas por filtros espaciais globais em coordenadas polares. Alguns desses trabalhos citados acima destacam que a área V4 pode formar o principal estágio intermediário da visão de forma de V1 para IT (Heywood & cols., 1992; Merigan, 1996; van Essen & cols., 1992; Wilkinson & cols., 2000; Young, 1992). Assim, é possível que a filtragem e integração de padrões em coordenadas polares ocorram em áreas visuais extra-estriado (Ex.: V4 e IT). O estudo de Wilkinson e colaboradores (2000) com a técnica de imagem de ressonância magnética funcional em humanos reforça os estudos psicofísicos com humanos e

distintas para estímulos em coordenadas em coordenadas cartesianas.

Todos os resultados apresentados e trabalho são consistentes com a possibilidade de estímulos em coordenadas polares são suficientes para caracterizar a resposta do SVH.

## Referências

- Amidor, I. (1997). Fourier spectrum of radially periodic textures. *Journal of the Optical Society of America*, *14*, 816-826.
- Blakemore, C. & Campbell, F. C. (1969a). Adaptation in the visual system selectively sensitive to size of retinal images. *Journal of Physiology*, *203*, 277-294.
- Blakemore, C., Nachmias, J. & Sutton, P. (1970). The frequency selective properties of some frequency selective neurones in the human brain. *Journal of Physiology*, *210*, 727-750.
- Braddick, O., Campbell, F. W. & Atkinson, J. (1977). Basic aspects. In R. Held, H. W. Leibowitz & T. M. Movshon (Eds.), *Handbook of sensory physiology: Perception* (Vol. V, pp. 1-11). New York: Springer-Verlag.
- Bruce, C. J., Desimone, R. & Gross, C. G. (1981). Visual responses in a polysensory area in superior temporal sulcus. *Journal of Neurophysiology*, *46*, 369-384.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1970). Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the visual system. *Journal of Physiology*, *207*, 635-652.
- Campbell, F. W. & Maffei, L. (1974). Contrast and spatial frequency selectivity in the macaque monkey. *American Journal of Optometry and Physiology*, *231*, 106-114.
- Campbell, F. W. & Robson, J. G. (1968). Application of the Gabor function to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, *196*, 511-526.
- Connor, C. E. (2000). Visual perception: Monkey business. *Current Biology*, *10*, 836-838.
- De Valois, K. (1977). Spatial frequency adaptation and sensitivity. *Vision Research*, *17*, 1057-1065.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. Oxford University Press.
- Desimone, R. (1991). Face-selective cells in the temporal lobe. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*, 1-8.
- Desimone, R. & Schein, S. J. (1987). Visual properties of V4 of macaque: Sensitivity to stimulus form. *Journal of Neurophysiology*, *57*, 835-867.
- Gallant, J. L., Braun, J. & van Essen, D. C. (1993). Selectivity for faces and objects in macaque visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, *69*, 103-115.

- Kelly, D. H. (1982). Motion and vision: IV. Isotropic and anisotropic spatial response. *Journal of the Optical Society of America*, 72, 432-439.
- Kelly, D. H. & Magnuski, H. S. (1975). Pattern detection and the two dimensional Fourier transform: Circular targets. *Vision Research*, 15, 911-915.
- Kulikowski, J. J. & King-Smith, P. E. (1973). Spatial arrangement of line, edge and grating detectors revealed by sub-threshold summation. *Vision Research*, 13, 1455-1478.
- Maffei, L. & Fiorentini, A. (1973). The visual cortex as a spatial frequency analyzer. *Vision Research*, 13, 1255-1267.
- Manahilov, V. & Simpson, W. A. (2001). Energy model for contrast detection: Spatial-frequency and orientation selectivity in grating summation. *Vision Research*, 41, 1547-1560.
- Merigan, W. H. (1996). Basic visual capabilities and shape discrimination after lesions of extrastriate area V4 in macaques. *Visual Neuroscience*, 13, 51-60.
- Pantle, A. & Sekuler, R. (1968). Size detecting mechanisms in human vision. *Science*, 162, 1146-1148.
- Pollen, D. A. & Ronner, S. F. (1982). Spatial computation performed by simple and complex cells in the visual cortex of the cat. *Vision Research*, 22, 101-118.
- Sachs, M. B., Nachmias, J. & Robson, J. G. (1971). Spatial frequency channels in human vision. *Journal of the Optical Society of America*, 61, 1176-1186.
- Santos, N. A. (1996). *Sistema visual humano: Filtragem de freqüências radiais moduladas por perfis de Bessel j0, j1, j2, j4, j8 e j16*. Dissertação de Mestrado não-publicada, Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, S. P.
- Santos, N. A. (1999). *Sistema visual humano: Curvas de sensibilidade e filtragem de freqüências angulares, radiais e radial/angulares acopladas*. Tese de Doutorado não-publicada, Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, S. P.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001a). Percepção e processamento visual da forma: Discutindo modelos teóricos atuais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14, 151-160.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001b). Função de sensibilidade ao contraste: Indicador da percepção visual da forma e da resolução espacial. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14, 589-597.
- Sekuler, R. (1974). Spatial vision. *Annual Review of Psychology*, 25, 195-232.
- Simas, M. L. B. (1985). *Linearity and domain invariance in the visual system*. Tese de Doutorado, não-publicada, Queen's University at Kingston, Ontario, Canada, 1985. University Microfilms International, 86, 17940.
- Simas, M. L. B. & Dodwell, P. C. (1990). Angular frequency filtering: A basis for pattern decomposition. *Spatial Vision*, 5, 59-74.
- Simas, M. L. B., Frutuoso, J. T. & Vieira, F. M. (1992). Inhibitory sidebands in multiple angular filters in the human visual system. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 25, 919-923.
- Simas, M. L. B. & Santos, N. A. (1997). radial frequency stimuli defined by j16 and its relation to angular frequency channels. *Proceedings of the IEEE Computer Science (Org), Anais do Congresso de Informática*, 219-224. São Carlos, S. P.: IEEE Computer Society.
- Simas, M. L. B. & Santos, N. A. (1998). Frequency channels in the visual system of harmonic 2, 4, 8, and 16 cycle and its relation to angular frequency channels. *Proceedings of the IEEE Computer Science (Org), Anais do Congresso de Informática, Image Processing and Computer Graphics, Image Processing and Computer Graphics*, 219-224. São Paulo, S. P.: IEEE Computer Society.
- Tolhurst, D. J. (1972). Adaptation to square-wave gratings: The effect of spatial frequency channels in the visual system. *Journal of Physiology*, 226, 231-248.
- Tolhurst, D. J. & Barfield, L. P. (1978). Inhibition between spatial frequency channels. *Vision Research*, 18, 851-860.
- van Essen, D. C., Anderson, C. H. & Felleman, D. J. (1992). A hierarchical processing model for the primate visual system: Global architecture and spatial organization. *Science*, 255, 419-423.
- Verrall, S. C. & Kakarala, R. (1998). Discrete cosine transform for pattern recognition. *Journal of the Optical Society of America*, 15, 100-106.
- Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Some properties of the psychometric function. *The British Journal of Psychology*, 54, 1-10.
- Wilkinson, F., Wilson, H. R. & Habak, C. (1998). The effect of radial frequency patterns on the perception of radial frequency patterns. *Vision Research*, 38, 2947-2954.
- Wilkinson, F., James, T. W., Wilson, H. R. & Habak, C. (2000). An MRI study of the visual system: Extrastriate form vision areas by radial frequency patterns. *Journal of Neurophysiology*, 83, 1455-1458.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1997). Effects of radial frequency patterns on the perception of radial frequency patterns. *Journal of the Optical Society of America*, 14, 26, 939-960.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1998). Implications for form vision of radial frequency patterns. *Journal of the Optical Society of America*, 15, 2947-2954.
- Wilson, R. W., Wilkinson, F. & Asaad, M. (1992). Summation in human form vision. *Journal of the Optical Society of America*, 15, 2947-2954.
- Young, M. P. (1992). Objective analysis of the primate cortical visual system. *Nature*, 355, 151-153.

# NEPF

**Núcleo de Estudos em Psicologia Fenomenológica**

**Pelo avanço e difusão de instrumental metodológico da linhagem fenomenológica na pesquisa em psicologia.**

**Prof. William B. Gomes  
Curso de Pós-Graduação em Psicologia  
Instituto de Psicologia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Rua Ramiro Barcelos 2600  
90035.003 Porto Alegre -RS  
E-mail: gomesw@.ufrgs.br**

**Visite nossa H**

<http://www.psicologia.ufrgs.br/fe>