

Universidade Federal de Minas Gerais  
Departamento de Ciência da Computação – ICEX

# **Respostas de operadores de contraste biologicamente inspirados a cenas naturais**

**Pedro Gabrielle Vieira**

Lab. de Neurodinâmica  
Dept. de Fisiologia e Biofísica – ICB/UFMG

Disciplina: Visão Computacional

Belo Horizonte, 25 de Junho de 2008

# **INTRODUÇÃO**

## O Contraste

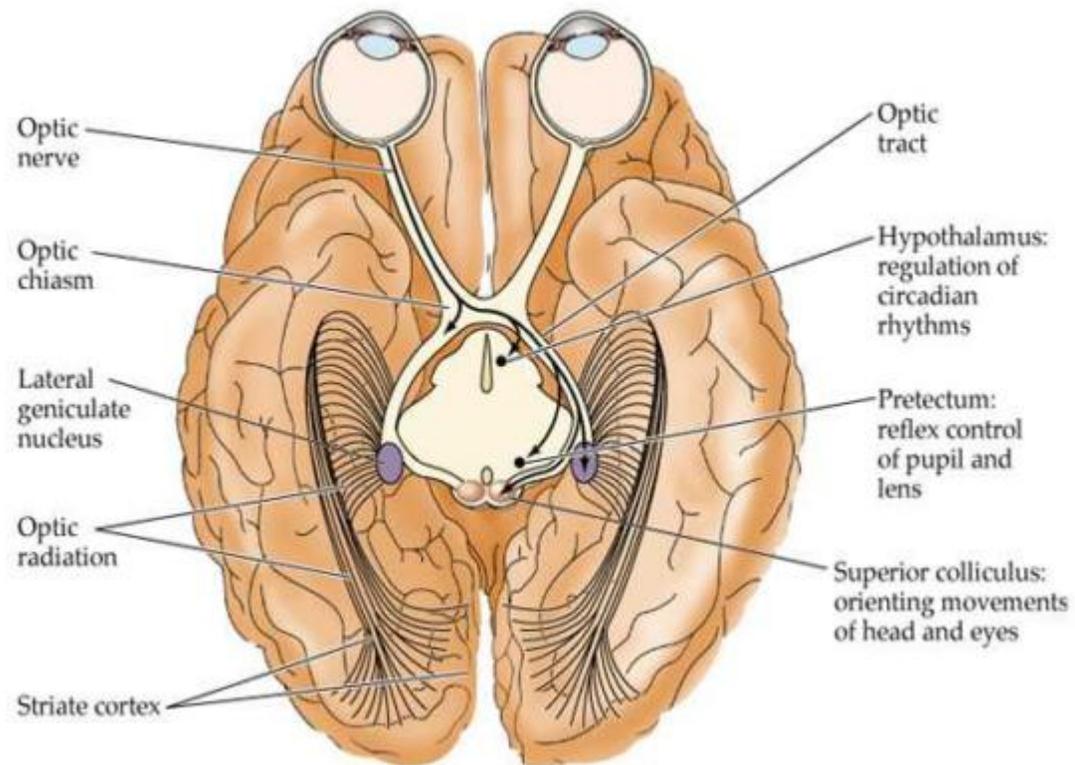
---

A diferença relativa de luminância entre regiões do espaço visual, chamada **contraste** é, sem duvida, uma fonte de informação crucial para humanos e animais segmentarem objetos relevantes de uma cena visual

- ✓ Detecção de Movimento;
- ✓ Percepção de forma e detalhes;
- ✓ Percepção de texturas.

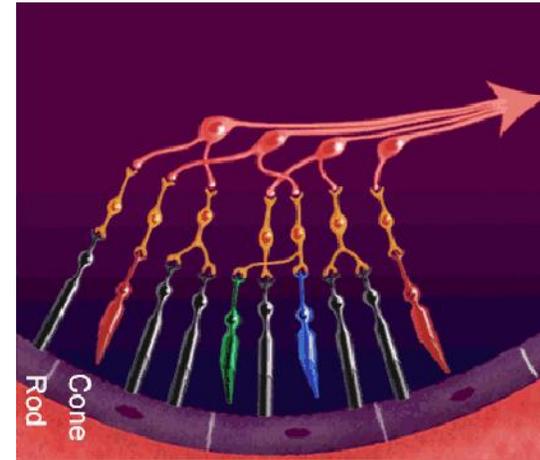
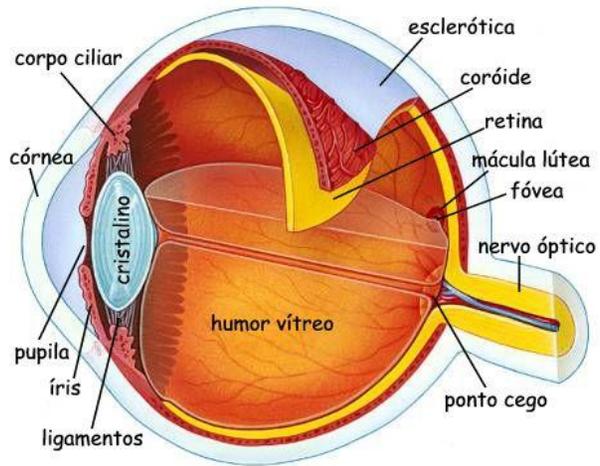
## O Sistema Visual

---



## Retina e LGN

---



Hubel e Wiesel (1965) – Harvard Medical School, Cambridge, MA

## Imagens Sintéticas Vs. Imagens Naturais

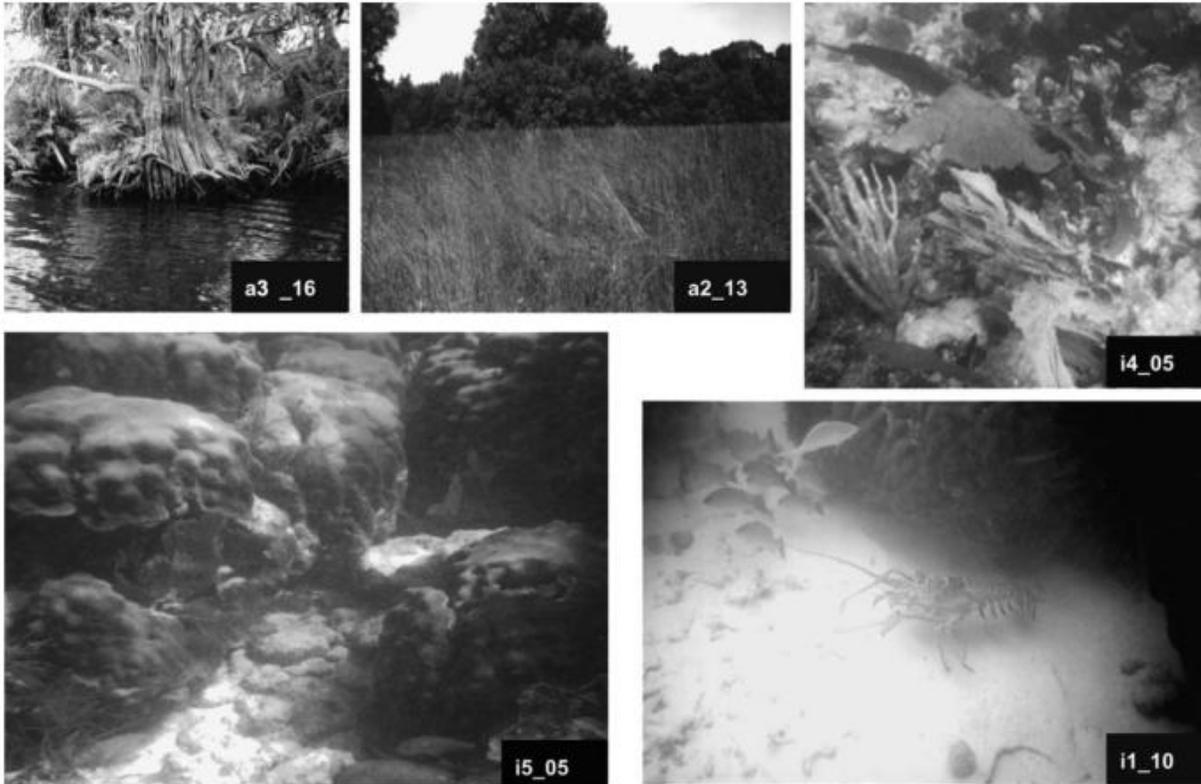
---



- ✓ Padrões Simples (ex.: barra)
- ✓ Níveis de luminâncias mais baixos
- ✓ Controlado pelo experimentador

## Imagens Naturais

---



✓ Espectro de potência

Processo de **SEGMENTAÇÃO**

# **OBJETIVO**

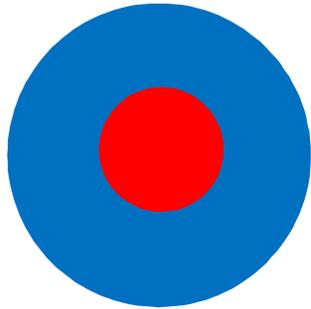
## **Objetivo**

---

O presente projeto tem como objetivo analisar a resposta de operadores de contraste, inspirados em campos receptores de neurônios visuais do NGL, às diferenças de luminância encontradas em cenas naturais.

# **Metodologia**

## Operadores de Contraste



$$Centro(x, y) = \exp\left[-(x/rc)^2 - (y/rc)^2\right]$$

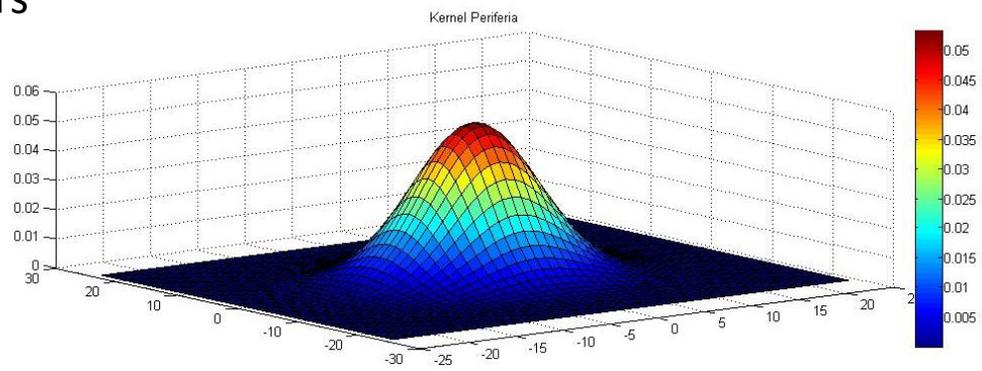
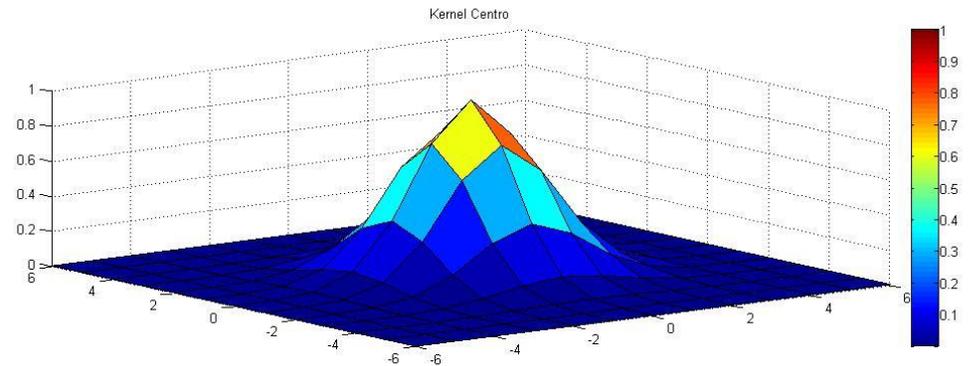
$$Periferia(x, y) = 0.85(rc/rs)^2 \exp\left[-(x/rs)^2 - (y/rs)^2\right]$$

Rc = 2, 3, 4 pixels

Rs = 4, 6, 8 pixels

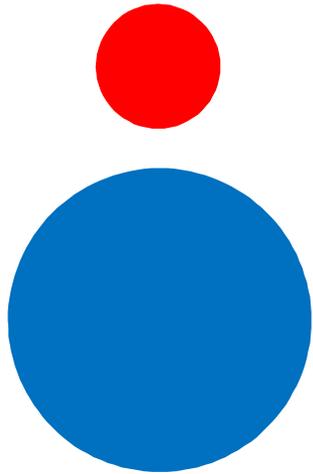
Tamanho do centro:  $-3rc$  à  $3rc$

Tamanho da periferia:  $-3rs$  à  $3rs$



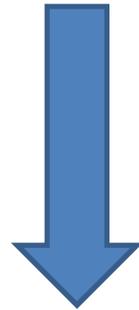
## Operadores de Contraste

---



$$\rightarrow Rc(x, y) = \sum_{i = x - 3rc}^{x + 3rc} \sum_{j = y - 3rc}^{y + 3rc} \text{Centro} (i - x ; j - y)$$

$$\rightarrow Rp(x, y) = \sum_{i = x - 3rs}^{x + 3rs} \sum_{j = y - 3rs}^{y + 3rs} \text{Periferia} (i - x ; j - y)$$



Sinal de saída =  $Rc - Rp$

Biologicamente a relação é modulada por um processo de adaptação, isto é, aonde o contraste é avaliado.

## Operadores de Contraste

Somente CENTRO  $\longrightarrow$   $Resposta(x, y) = \frac{Rc(x, y) - Rp(x, y)}{Rc(x, y)}$

Somente PERIFERIA  $\longrightarrow$   $Resposta(x, y) = \frac{Rc(x, y) - Rp(x, y)}{Rp(x, y)}$

CENTRO + PERIFERIA  $\longrightarrow$   $Resposta(x, y) = \frac{Rc(x, y) - Rp(x, y)}{Rc(x, y) + Rp(x, y)}$



VALORES DE CONTRASTE

## **Locais aleatórios**

---

✓ Para cada imagem, foram utilizadas 9 configurações para o operador de contraste:

✓ 2-4 / 2-6 / 2-8;

✓ 3-4 / 3-6 / 3-8;

✓ 4-4 / 4-6 / 4-8

✓ Escolhidos 10.000 locais aleatórios na matriz de saída.

## **Imagens Calibradas**

---

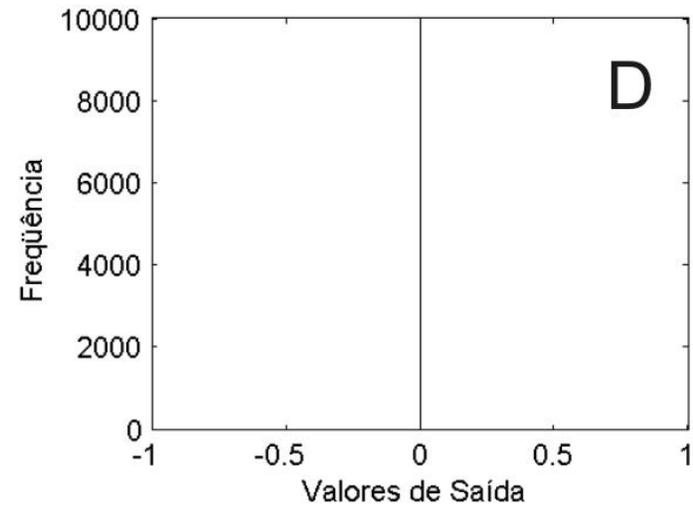
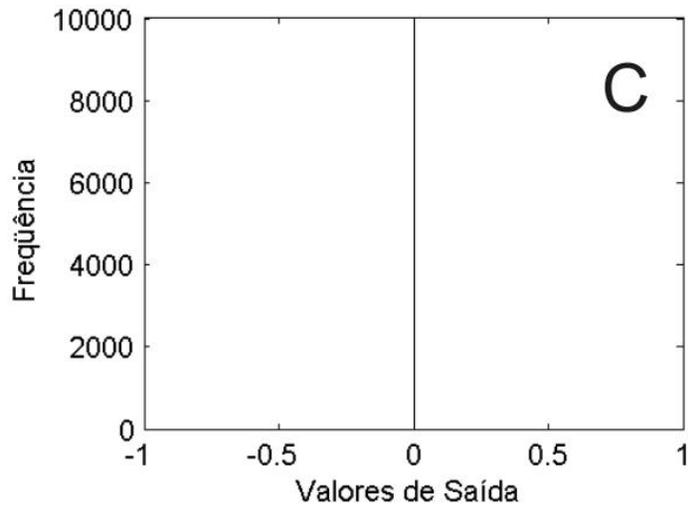
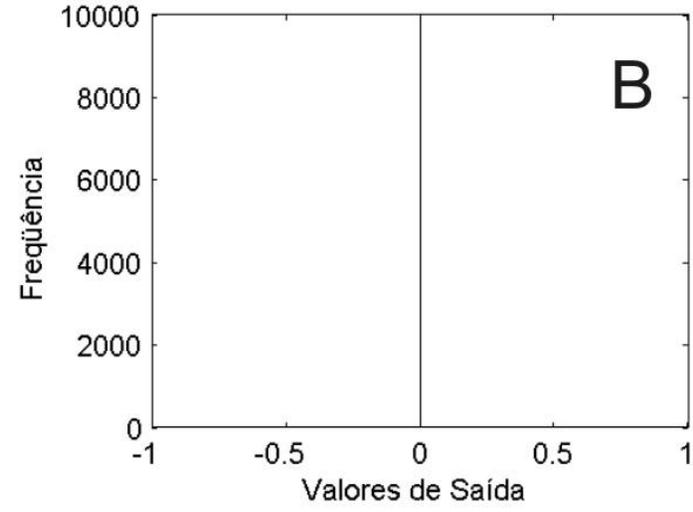
- ✓ Total de 10 imagens obtidas na base de dados do Instituto de Matemática e Ciência da Computação da Universidade de Groningen e do Instituto de Neurociência da Holanda da Academia Real de Artes e Ciências de Amsterdam;
- ✓ Câmera: Kodak DCS420;
- ✓ Resolução: 1024x1536 pixels;
- ✓ Escala de cinza: 16 bits;
- ✓ Relação linear entre valor de pixel e a luminância da cena;



# **Resultados**

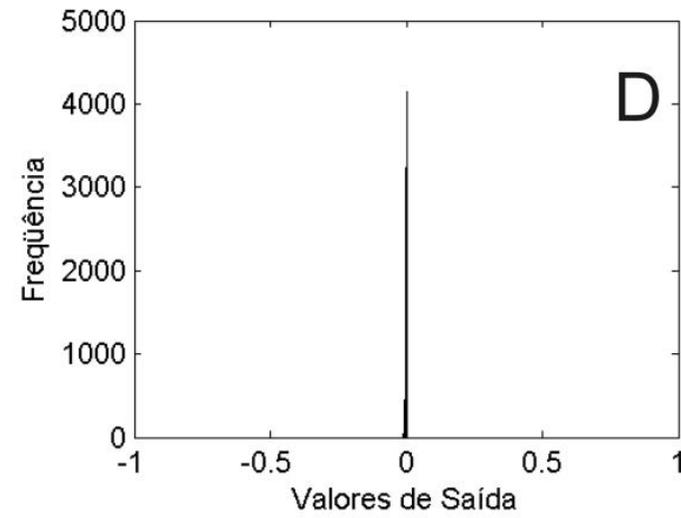
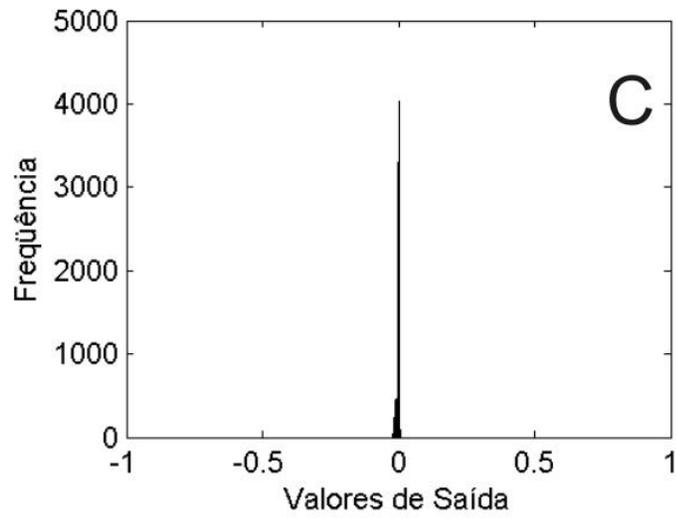
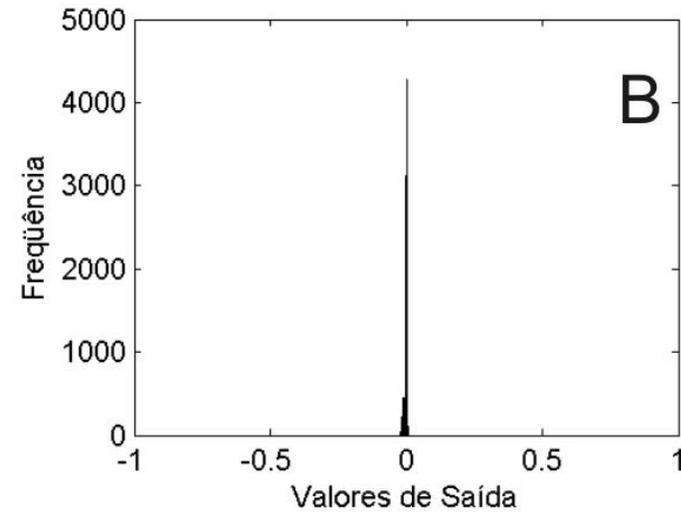
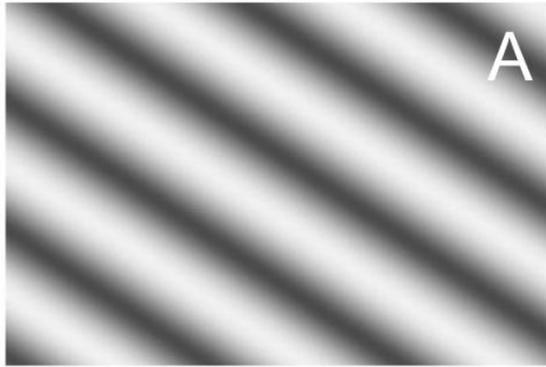
# Teste 1

---

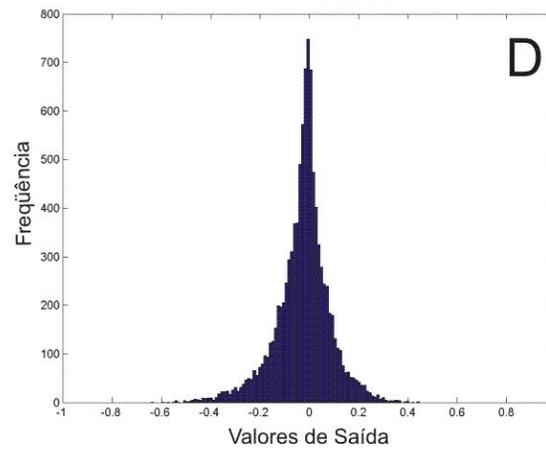
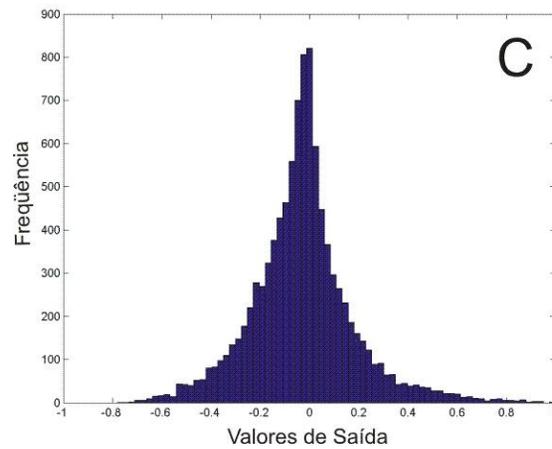
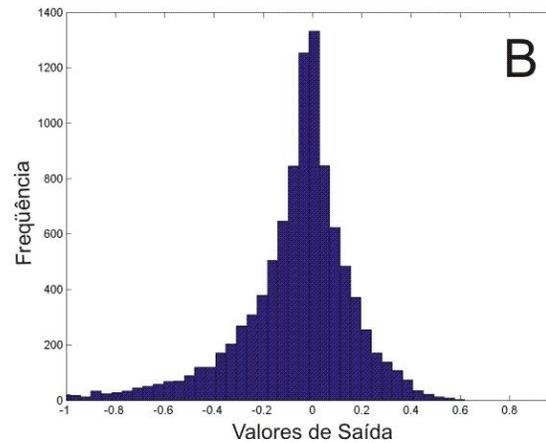


## Teste 2

---



## Cenas Naturais – 3 Esquemas

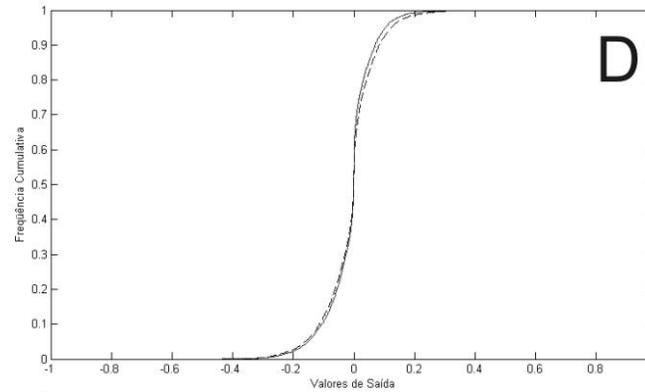


✓ OP: 2-8;

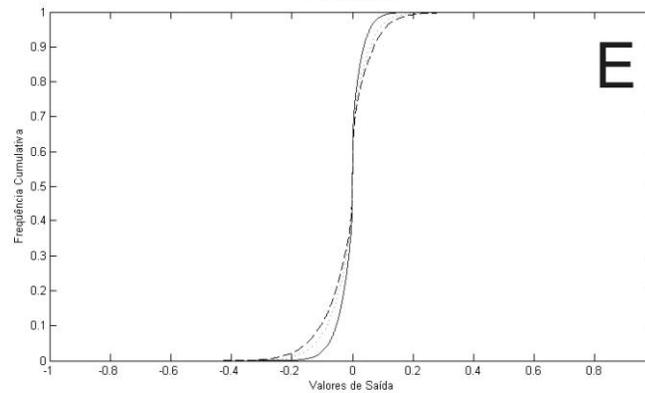
✓ Diferença: forma da distribuição do contraste;

✓ diferença na frequência de características claras e escuras nas fotografias.

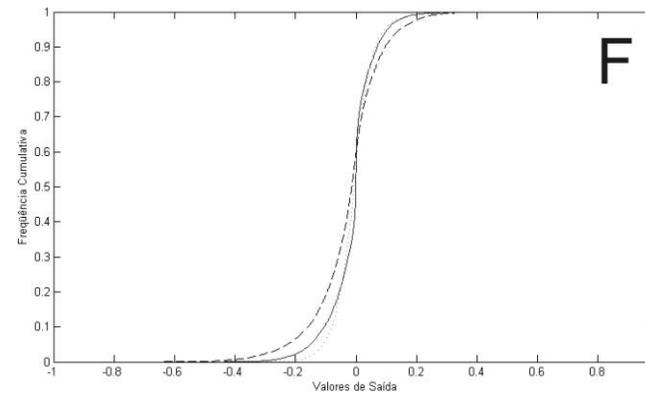
## Cenas Naturais – Diferença entre condições



✓ Variando centro (2, 3, 4) / Fixando periferia (8)



✓ Fixando centro (2) / Variando periferia (4, 6, 8)



✓ Mesmo OP (2-8) / Imagens Diferentes

# **Conclusão**

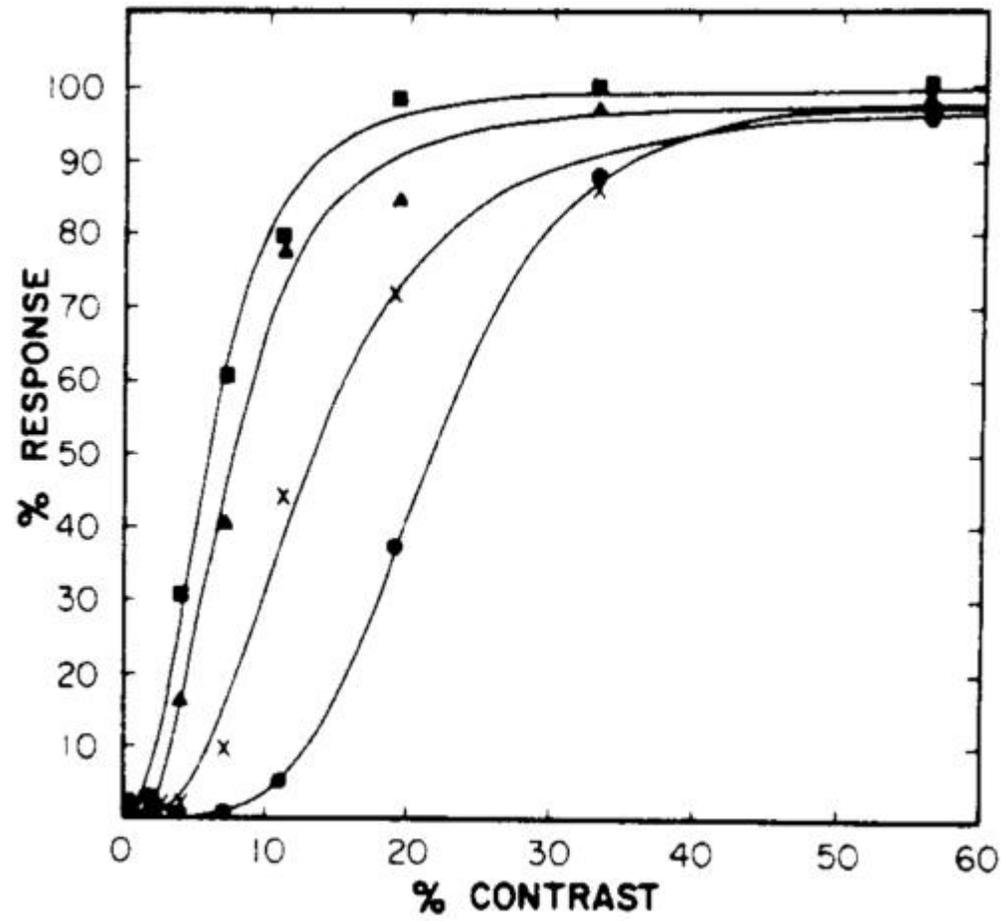
## Conclusão

---

- ✓ A frequência de valor de contraste mais encontrada é zero ou próximo de zero. O modelo computacional, portanto, mostra que a grande maioria do contraste encontrado em cenas naturais pelos neurônios da retina e do núcleo geniculado lateral é baixo, sendo infreqüente a presença de altos valores;
- ✓ A distribuição do contraste é influenciada pelo tamanho da periferia do campo receptor e pelas diferentes imagens, não apresentando diferenças quando alterado o tamanho do centro do campo;
- ✓ **Apesar dos baixos níveis de contraste, os neurônios conseguem codificar o contraste, porque sua faixa dinâmica de resposta ao contraste é grande em baixos valores de contraste;**
- ✓ Este estudo é uma etapa importante para se entender como o contraste é codificado pelos neurônios e pode ter uma grande influência na área da robótica e visão computacional, já que a luz é um fator essencial para estudos nessas duas áreas.

## Conclusão

---



# **Trabalhos Futuros**

## **Conclusão**

---

- ✓ Aumentar o número de imagens;
- ✓ Avaliar a distribuição do contraste em cenas naturais escotópicas;
- ✓ Adicionar ao modelo computacional uma rotina que simulará o efeito do controle de ganho pelo contraste, processo pelo qual o neurônio modifica sua sensibilidade à luminância da cena.

# **Referências**

## Referências Bibliográficas

---

1. Albrecht, D.G. & Hamilton, D.B. (1982) Striate cortex of monkey and cat: contrast response function. *J. Neurophysiol.* **48**, 217-237.
2. Albrecht, D.G., Geisler, W.S., Frazor, R.A. & Crane, A.M. (2002) Visual cortex neurons of monkeys and cats: temporal dynamics of the contrast response function. *J. Neurophysiol.* **88**, 888-913.
3. Albrecht, D.G. *et al.* (2004) Nonlinear properties of visual cortex neurons: temporal dynamics, stimulus selectivity, neural performance. In: *The Visual Neuroscience*. Vol **1**, 774-764.
4. Baccus, S.A. & Meister, M. (2002) Fast and slow contrast adaptation in retinal circuitry. *Neuron* **36**, 909-919.
5. Balboa, R.M. & Grzywacz, N.M. (2003) Power spectra and distribution of contrasts of natural images from different habitats. *Vision Res.* **43**, 2527-2537
6. Clatworthy, P.L., Chirimuuta, M., Lauritzen, J.S. & Tolhurst, D.J. (2003) Coding of the contrasts in natural images by populations of neurons in primary visual cortex (V1). *Vision Res.* **43**, 1983-2001.
7. Derrington, A. M., & Lennie, P. (1982). The influence of temporal frequency and adaptation level on receptive field organisation of retinal ganglion cells in cat. *Journal of Physiology*, **333**, 343–366.
8. Duong, T. & Freeman, R.D. (2008) Contrast sensitivity is enhanced by expansive nonlinear processing in the lateral geniculate nucleus. *J. Neurophysiol.* **99**, 367-372.
9. Enroth-Cugell, C., & Robson, J. G. (1966). The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *Journal of Physiology*, **187**, 517-552.
10. Felsen, G. & Dan, Y. (2005) A natural approach to studying vision. *Nat. Neurosci.* **8**, 1643-1646.
11. Ghim, M.M. & Hodos, W. (2006) Spatial contrast sensitivity of birds. *J. Comp Physiol A Neuroethol. Sens. Neural Behav. Physiol* **192**, 523-534.
12. Irvin, G. E., Casagrande, V. A., & Norton, T. T. (1993). Center surround relationships of magnocellular, parvocellular, and koniocellular relay cells in primate lateral geniculate nucleus. *Visual Neuroscience*, **10**, 363–373.
13. Olshausen, B.A. & Field, D.J. (2005). How close are we to understanding v1? *Neural Comput.* **17**, 1665-1699
14. Ruderman, D.L. (1994) The statistics of natural images. *Computation in Neural System* **5**, 517-548.
15. Santos, N.A. & Simas, L.M.B. (2001) Função de sensibilidade ao contraste: indicador da percepção visual da forma e da resolução espacial. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, **14(3)**, 589-597.
16. Sclar, G., Maunsell, J.H. & Lennie, P. Coding of image contrast in central visual pathways of the macaque monkey. *Vision Res.* **30**, 1-10 (1990).
17. Smirnakis, S.M., Berry, M.J., Warland, D.K., Bialek, W. & Meister, M. (1997) Adaptation of retinal processing to image contrast and spatial scale. *Nature* **386**, 69-73.
18. Tadmor, Y. & Tolhurst, D.J. (2000) Calculating the contrasts that retinal ganglion cells and LGN neurones encounter in natural scenes. *Vision Res.* **40**, 3145-3157.
19. Tolhurst, D.J., Tadmor, Y., & Tang Chao (1992) The amplitude spectra of natural images. *Ophthalmic and Physiological Optics.* **12**, 229-232.
20. Troy, J.B. & Enroth-Cugell, C. X and Y ganglion cells inform the cat's brain about contrast in the retinal image. *Exp. Brain Res.* **93**, 383-390 (1993).
21. van Hateren, J.H., van der Schaaf, A. (1998) Independent component filters of natural images compared with simple cells in primary visual cortex. *Proc.R.Soc.Lond. B* **265**:359-366.
22. Wandell, B.A. (1995) Foundations of vision. Sinauer Associates, Sunderland.