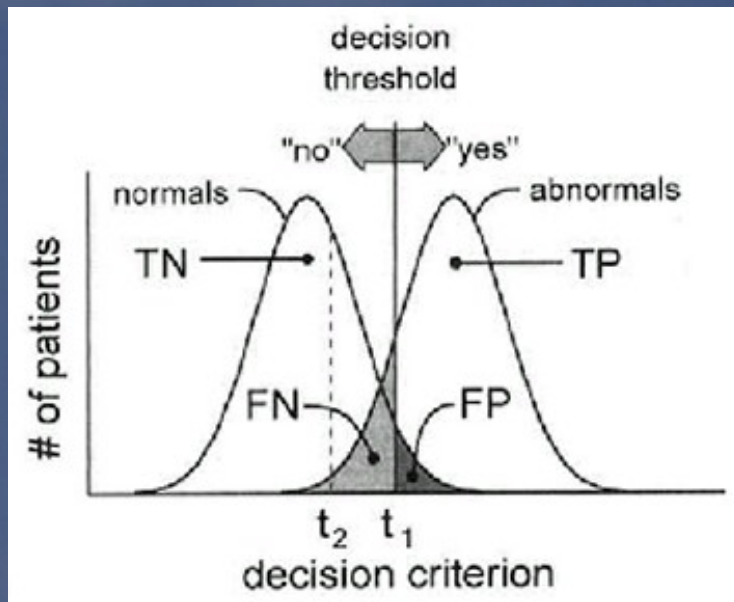


Processamento de Imagens Médicas

Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques
(pmarques@fmrp.usp.br)

Prof. Dr. Lucas Ferrari de Oliveira
(lferrari@inf.ufpr.br)

Teoria da Detecção de Sinal - Matriz de Decisão



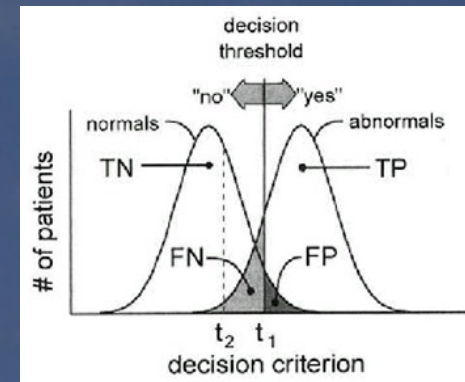
	Comprovadamente Anormal	Comprovadamente Normal
Diagnosticado como Anormal	Verdadeiro Positivo (TP)	Falso Positivo (FP)
Diagnosticado como Normal	Falso Negativo (FN)	Verdadeiro Negativo (TN)

The Essential Physics Of Medical Imaging.
 Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt Jr. EM, Boone JM. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2002.

DIAGNÓSTICO - MEDIDAS DE DESEMPENHO

Teoria da Detecção de Sinal - Matriz de Decisão

	Comprovadamente Anormal	Comprovadamente Normal
Diagnosticado como Anormal	Verdadeiro Positivo (TP)	Falso Positivo (FP)
Diagnosticado como Normal	Falso Negativo (FN)	Verdadeiro Negativo (TN)



Fração de verdadeiro-positivo (TPF)

$$TPF = TP / (TP + FN)$$

Fração de falso-positivo (FPF)

$$FPF = FP / (FP + TN)$$

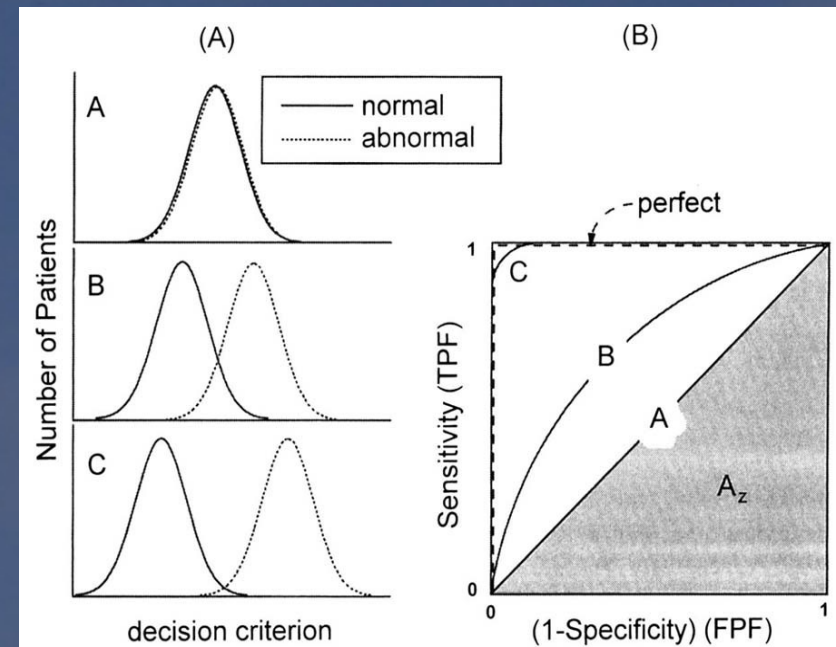
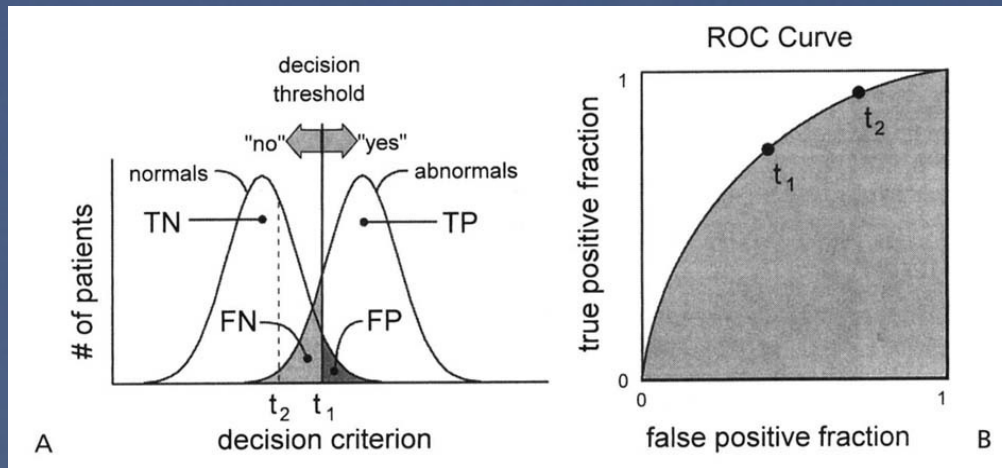
Sensibilidade = $TP / (TP + FN) = TPF$
Especificidade = $TN / (TN + FP) = (1 - FPF)$

$$\text{Acuracia} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$

Valor Preditivo Positivo = $TP / (TP + FP)$
Valor Preditivo Negativo = $TN / (TN + FN)$

DIAGNÓSTICO - MEDIDAS DE DESEMPENHO

Curvas ROC (receiver operating characteristic curves)

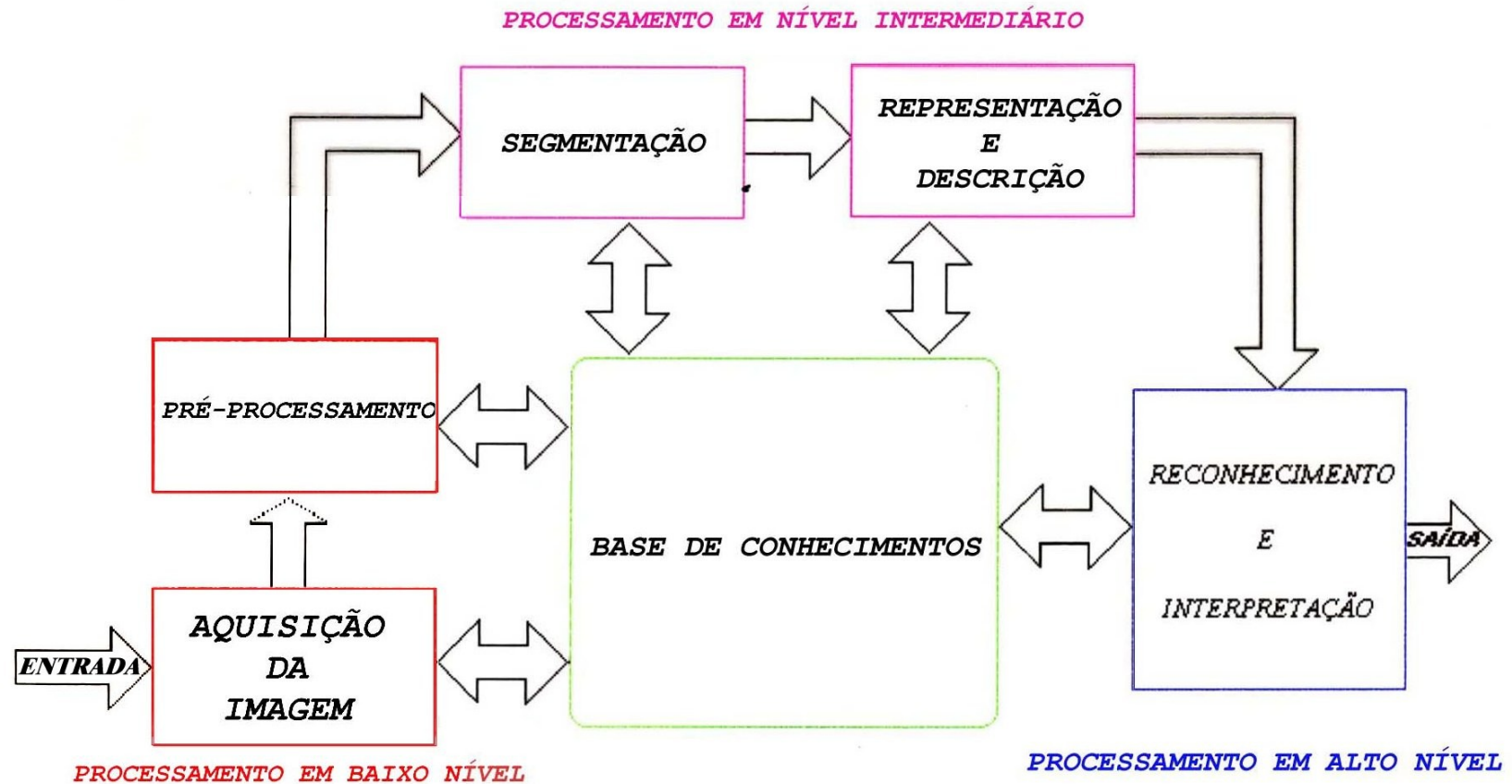


The Essential Physics Of Medical Imaging.
Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt Jr. EM, Boone JM. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2002.

Processamento de Imagens Médicas

- INSPEÇÃO VISUAL
- DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR
(CAD – Computer-aided diagnosis)
- RECUPERAÇÃO DE IMAGEM BASEADA EM
CONTEÚDO (CBIR – Content-based image retrieval)

Processamento de Imagens



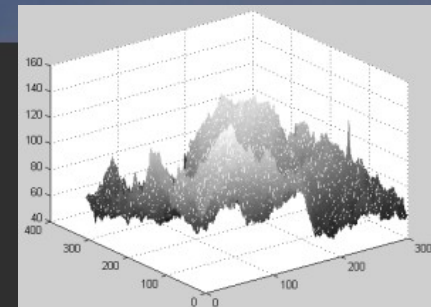
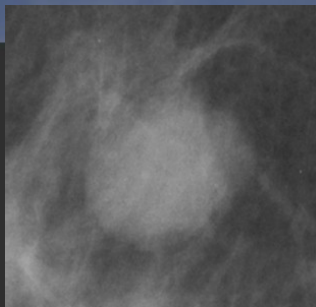
ELEMENTOS DA ANÁLISE DE IMAGENS

Modelo para Imagens Digitais

Imagem = $f(x,y)$

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} (0,0) & (0,1) & (0,2) & (0,3) \\ (1,0) & (1,1) & (1,2) & (1,3) \\ (2,0) & (2,1) & (2,2) & (2,3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 121 & 133 & 57 \\ 45 & 212 & 134 \\ 0 & 86 & 214 \end{pmatrix}$$

Para cada elemento (x,y) na imagem(pixel) temos um valor $f(x,y)$ correspondente à intensidade luminosa naquele ponto.



Aquisição da Imagem

Resolução Espacial

Resolução de Contraste

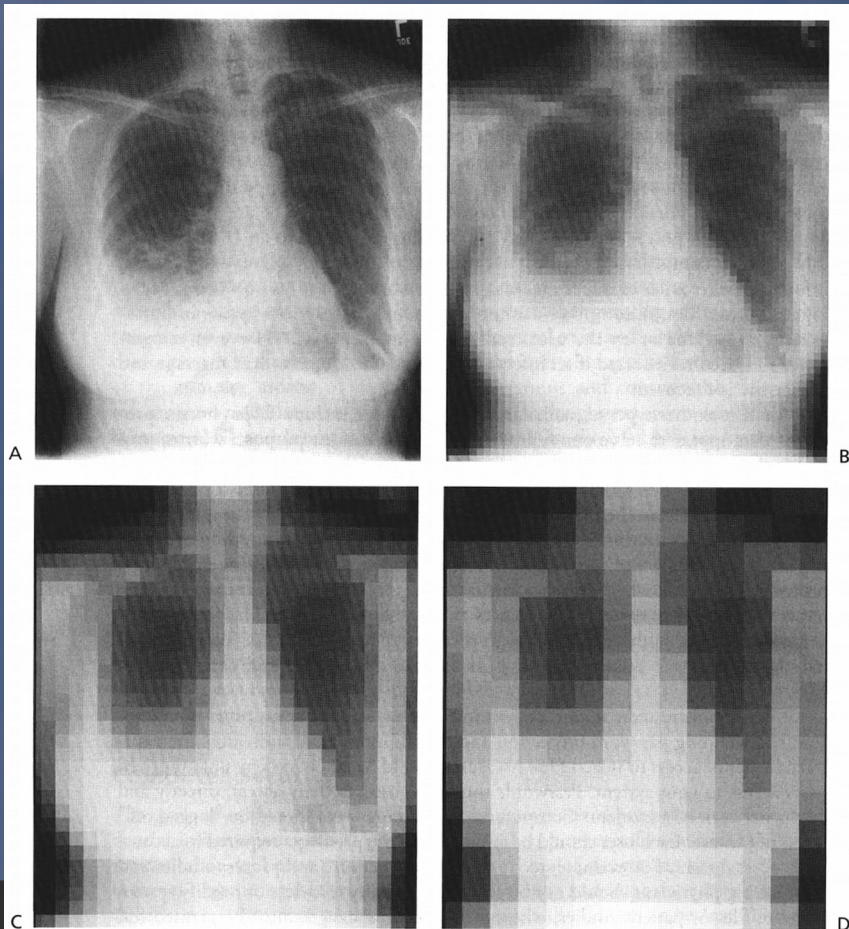


FIGURE 4-9. Effect of pixel size on image quality—digital chest image in formats of 1,024², 64², 32², and 16² pixels (A, B, C, and D, respectively).

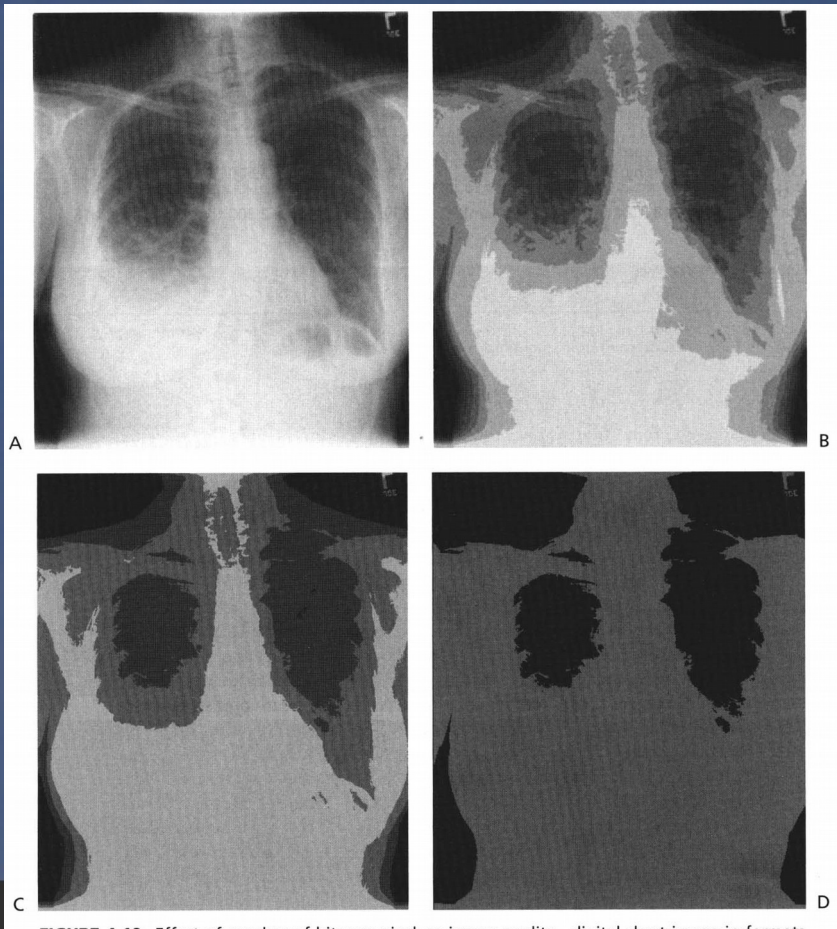


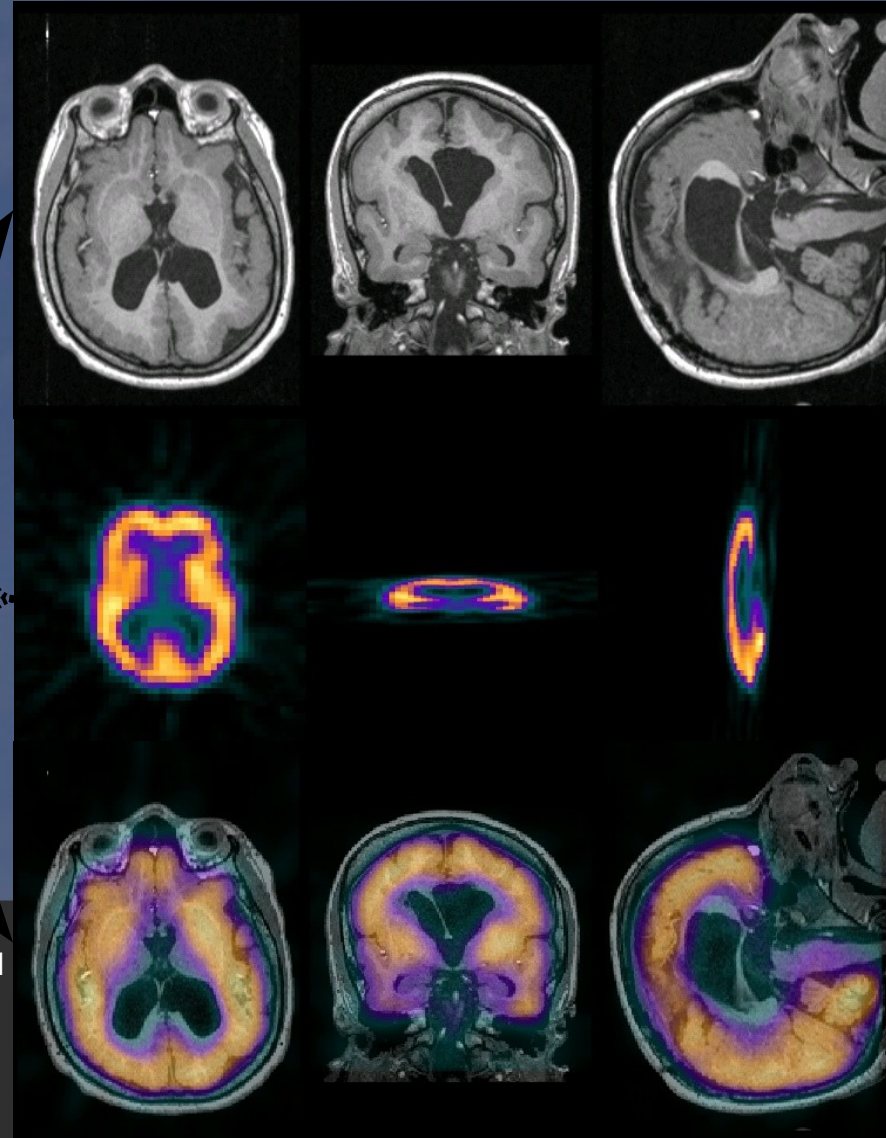
FIGURE 4-10. Effect of number of bits per pixel on image quality—digital chest image in formats of 8, 3, 2, and 1 bits per pixel (A, B, C, and D, respectively). Too few bits per pixel not only causes loss of contrast resolution, but also creates the appearance of false contours.

The Essential Physics Of Medical Imaging. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt Jr. EM, Boone JM. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2002.

- Visão Computacional e Visualização Científica
 - Registro e fusão de imagens,
 - realce,
 - segmentação,
 - quantificação
 - visualização 3D de estruturas

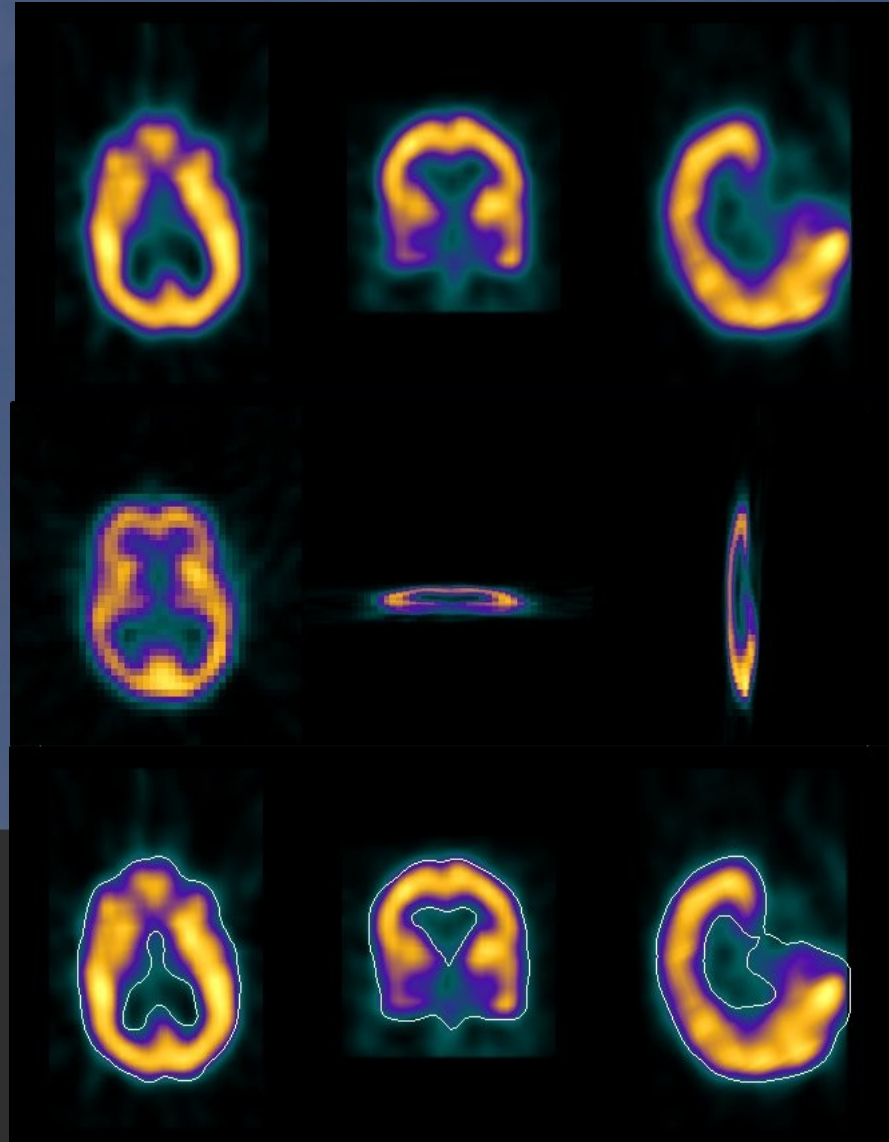
Exemplo: Neurologia

Registro de Imagens



OLIVEIRA, L. F., et al. Brain Registration and Subtraction - Improved Localization for SPECT Analysis (B.R.A.S.I.L.): A computer-aided diagnosis in epilepsy toolkit In: 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing, 2008, Fortaleza. PROCEEDINGS OF THE 2008 ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING. New York: The Association for Computing Machinery, Inc., 2008. v.2. p.1390 - 1394

Registro de Imagens



OLIVEIRA, L. F., et al. Brain Registration and Subtraction - Improved Localization for SPECT Analysis (B.R.A.S.I.L.): A computer-aided diagnosis in epilepsy toolkit In: 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing, 2008, Fortaleza. PROCEEDINGS OF THE 2008 ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING. New York: The Association for Computing Machinery, Inc., 2008. v.2. p.1390 - 1394

Inspeção Visual

Localização da Zona Epileptogênica:

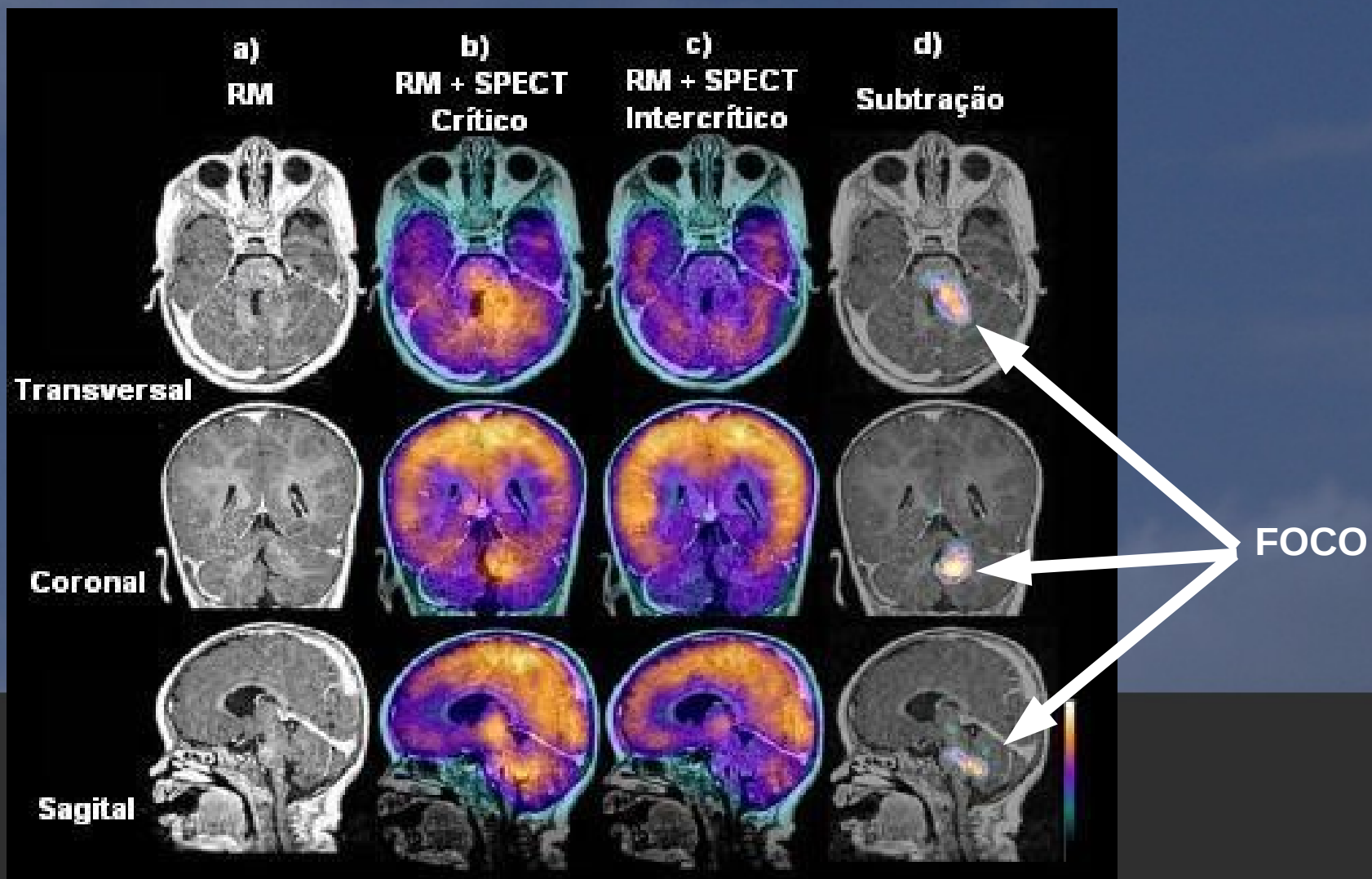
Imagem Positiva



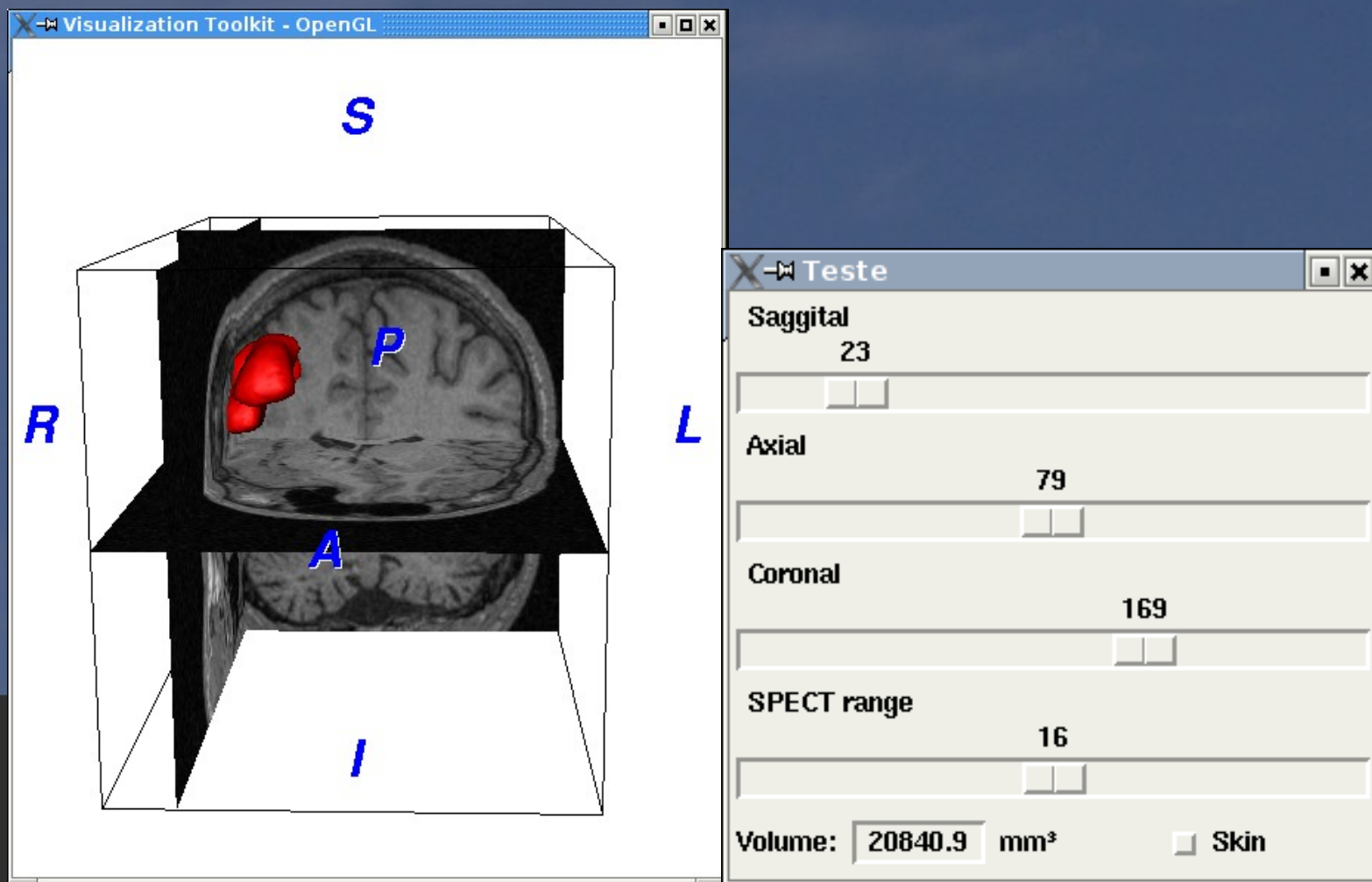
Imagem Negativa



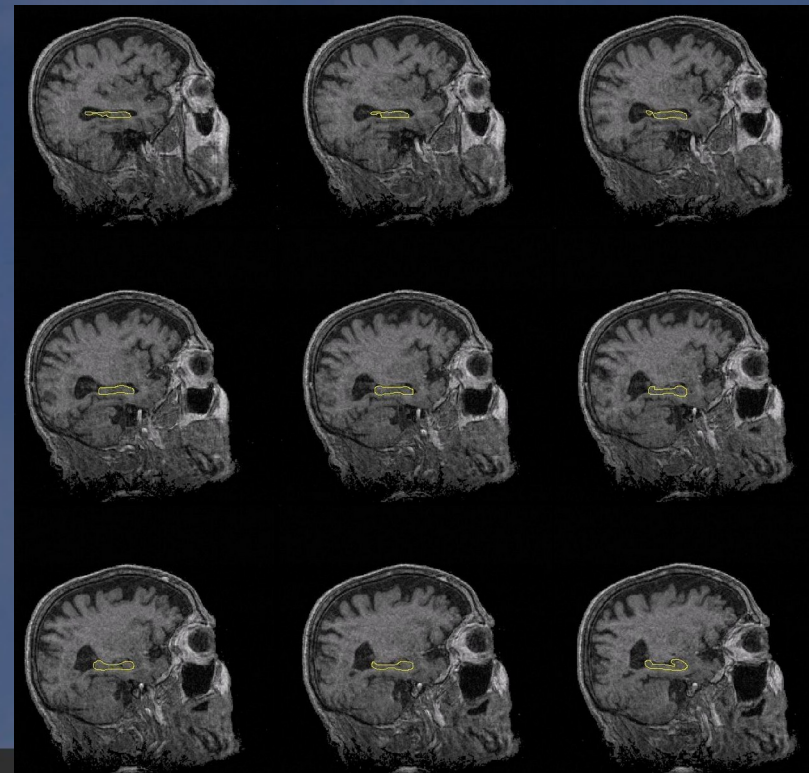
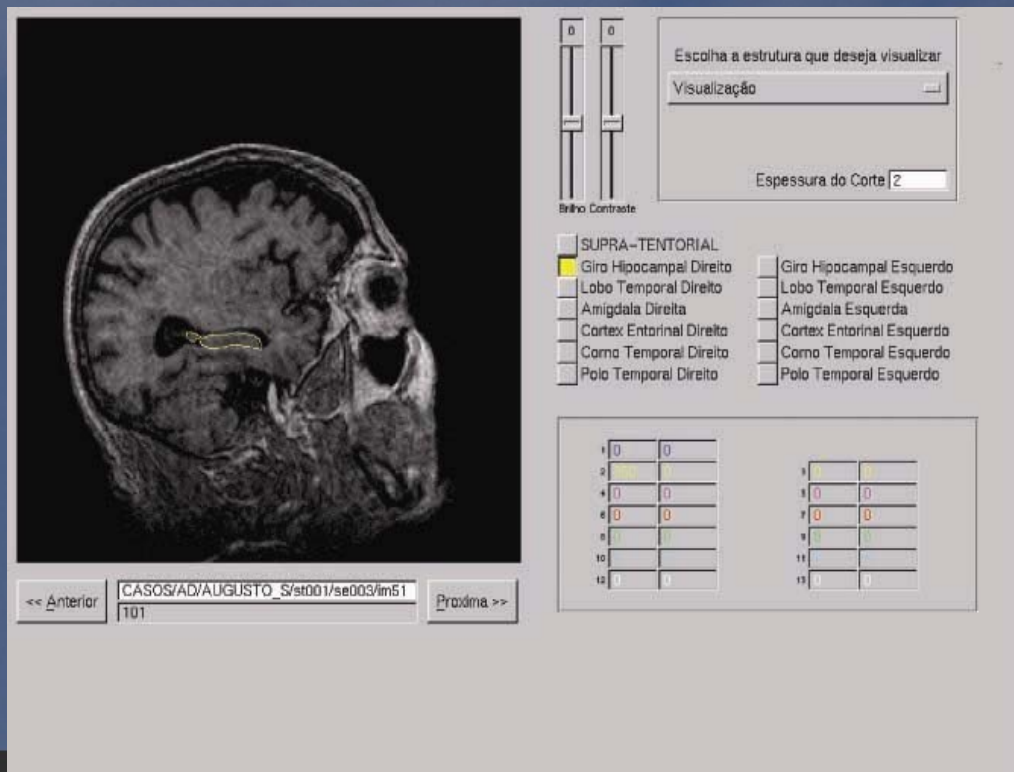
Inspeção Visual



Inspeção Visual

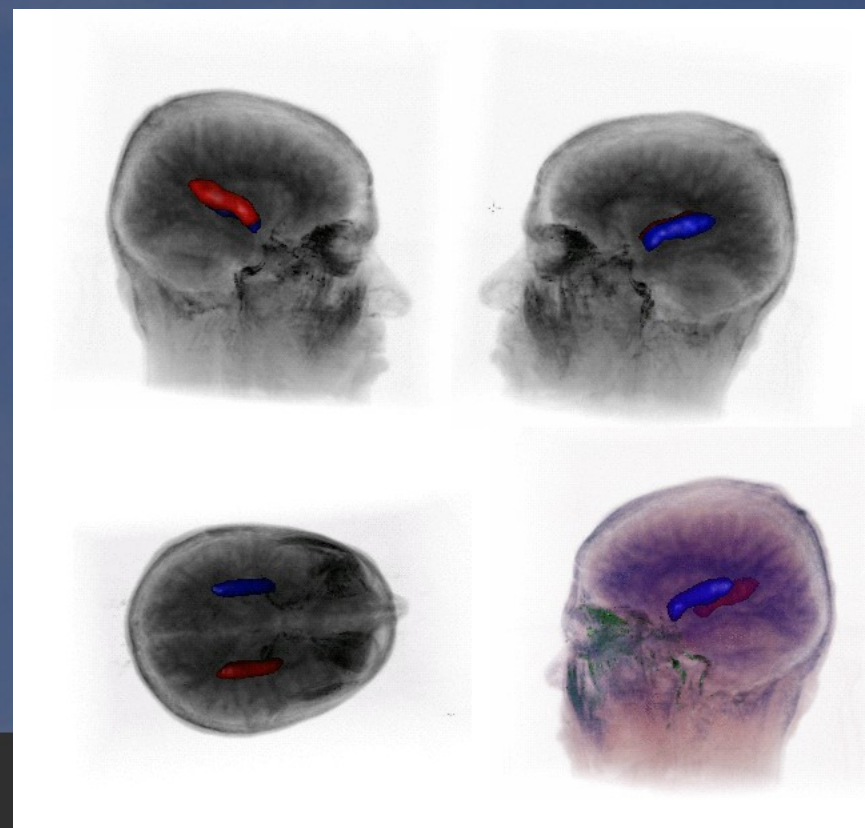
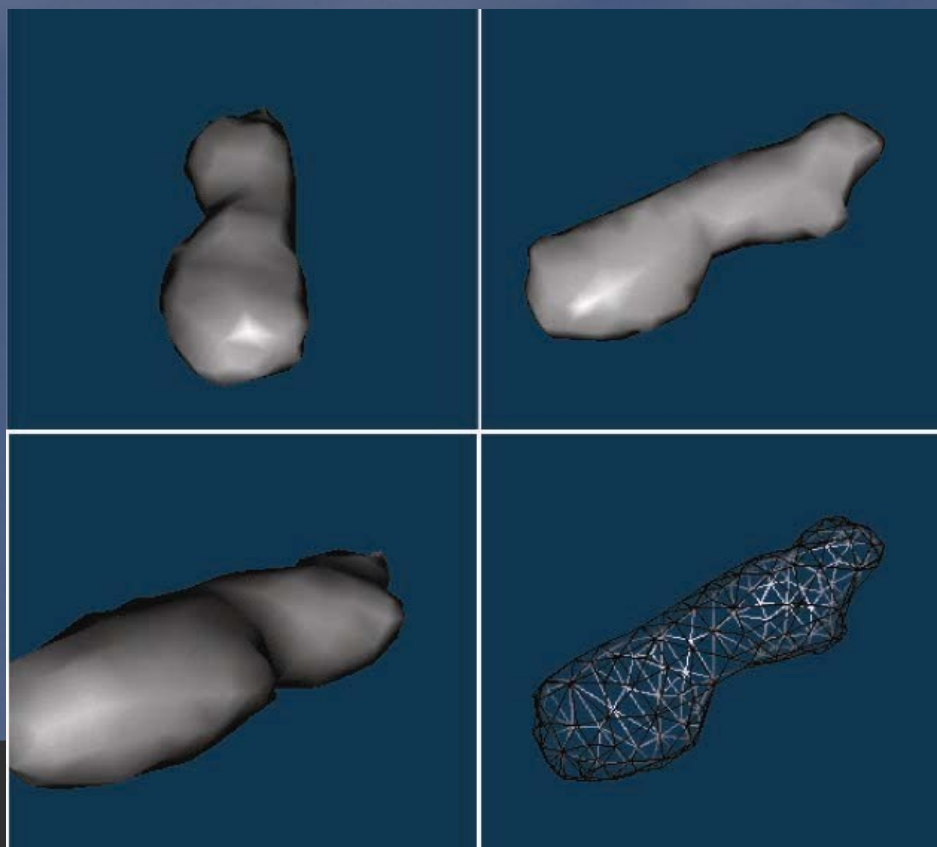


Neurocad



Exemplo de Volumetria e Visualização 3D

Neurocad



Exemplo de Volumetria e Visualização 3D

Processamento de Imagens Médicas

- INSPEÇÃO VISUAL
- **DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR**
(CAD – Computer-aided diagnosis)
- RECUPERAÇÃO DE IMAGEM BASEADA EM
CONTEÚDO (CBIR – Content-based image retrieval)

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Diagnóstico feito por especialista que utiliza a saída de uma análise computadorizada de imagens como “**segunda opinião**” no processo de detecção de lesões e tomadas de decisões diagnósticas.

Doi K. Computer-aided diagnosis and its potential impact on diagnostic radiology. In: Doi k, MacMahon H, Giger ML, Hoffmann KR, eds. *Computer-aided diagnosis in medical imaging*. Amsterdam: Elsevier Science, 1999:11-20.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Tipos de Auxílio à Detecção

- Auxílio à Detecção

- Localização de regiões suspeitas

- CAD – Computer Assisted Detection

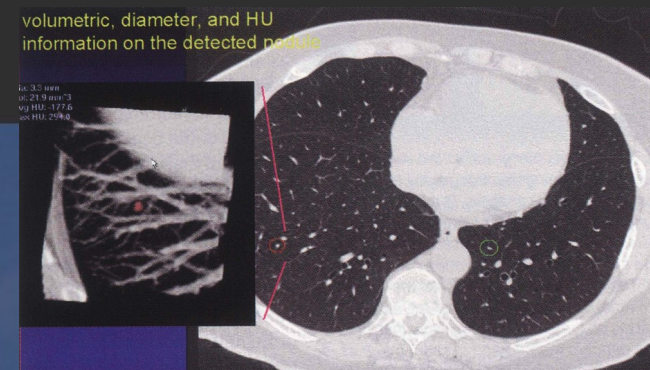
- **aprovado pela FDA-USA**

- Auxílio ao Diagnóstico

- Classificação dos achados

- extração de informações pelo computador

- extração de informações pelo especialista



Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO

● Mamografia

- Detecção de agrupamentos de μ calcificações
- Detecção de nódulos
- Medidas de densidade
- Detecção de assimetrias
- Caracterização de lesões mamográficas

● Radiografia de Tórax

- Detecção de nódulos pulmonares
- Diagnóstico diferencial de lesões intersticiais
- Detecção de anormalidades (pneumotórax, tamanho do coração, assimetrias, outras)

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO

- Angiografia
 - Detecção e avaliação de aneurismas
 - Detecção e avaliação de estenoses
 - Quantificação de fluxos
- Neurologia
 - Morfometria de estruturas cerebrais
 - Fusão de imagens multimodais
 - Avaliação de assimetrias

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

CONHECIMENTOS ENVOLVIDOS

- Visão Computacional (extração de atributos)
 - Pré-processamento (realce)
 - Segmentação (regiões, fronteiras, bordas ou linhas)
 - Quantificação de atributos (métricos, topológicos e de textura)
- Inteligência Artificial (classificação de padrões)
 - Seleção de atributos
 - Classificação

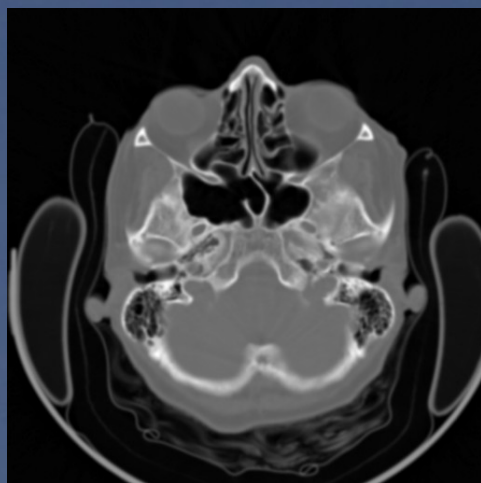
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Domínio do Espaço - Pixels

- Transformações de intensidade
- Processamento do histograma
- Subtração e média de imagens.
- Filtragens espaciais
 - Fundo (background)
 - Suavização
 - Realce

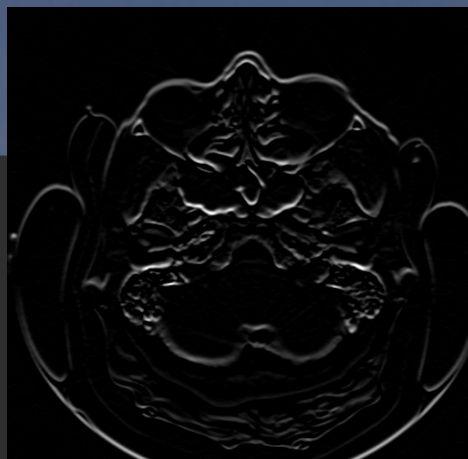
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRÉ-PROCESSAMENTO (realce da componente horizontal)



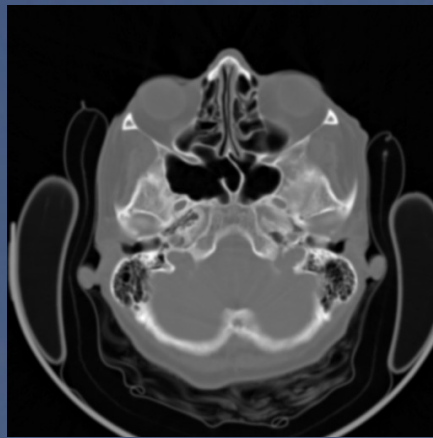
	-1	-1	-1	
	0	0	0	
	1	1	1	

Filtro de Prewitt - horizontal



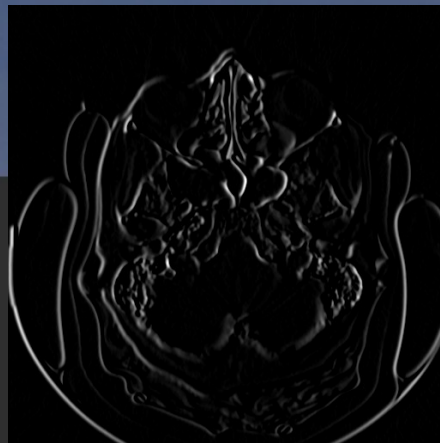
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRÉ-PROCESSAMENTO (realce da componente vertical)



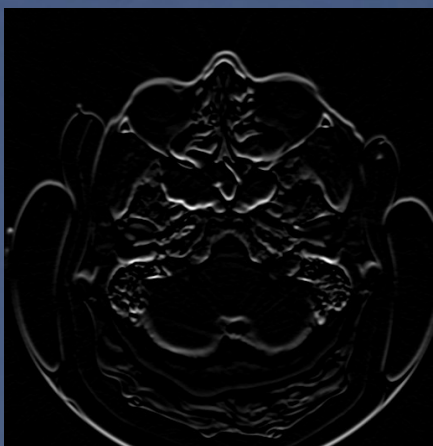
	-1	0	1	
	-1	0	1	
	-1	0	1	
		1		

Filtro de Prewitt - vertical

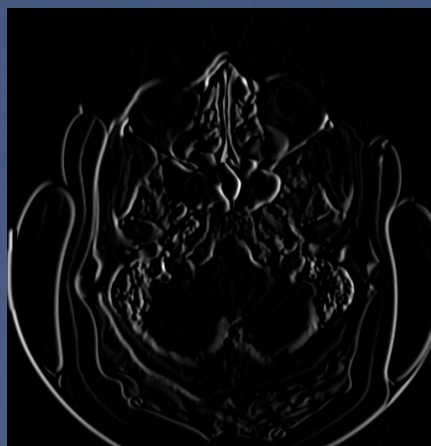


Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

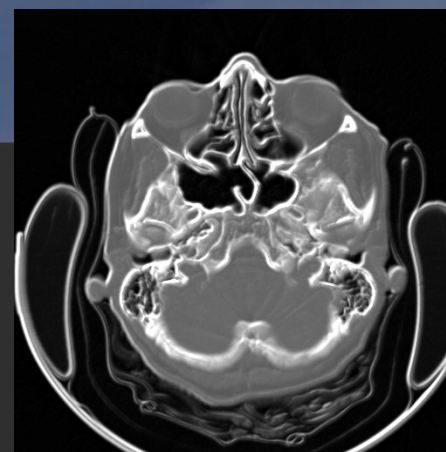
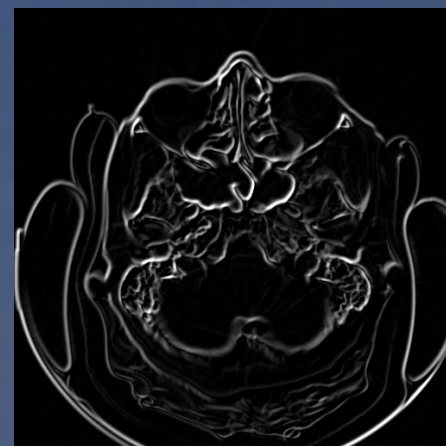
PRÉ-PROCESSAMENTO
(soma das componentes)



+

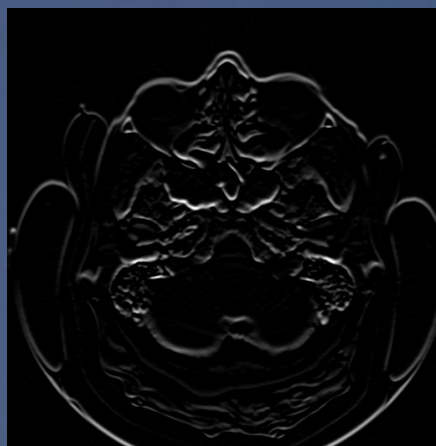


=



Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

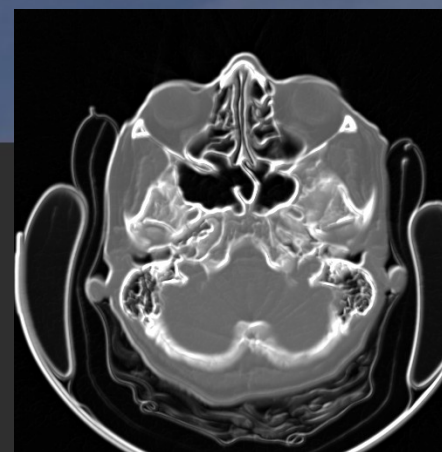
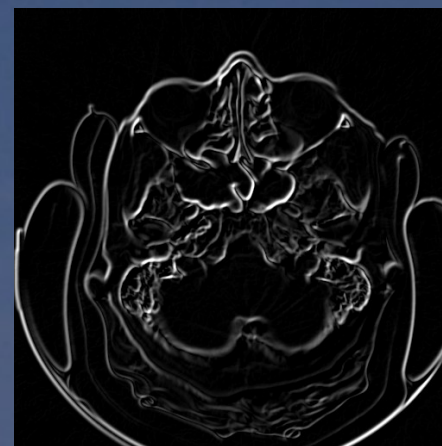
PRÉ-PROCESSAMENTO
(soma das componentes)



+



=



Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Domínio da Frequência

- Transformada de Fourier
 - Filtro Passa-baixa
 - Filtro Passa-alta
 - Filtro Passa-banda

Domínio Espaço-Frequência

- Transformada “Wavelet”

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Domínio da Frequência

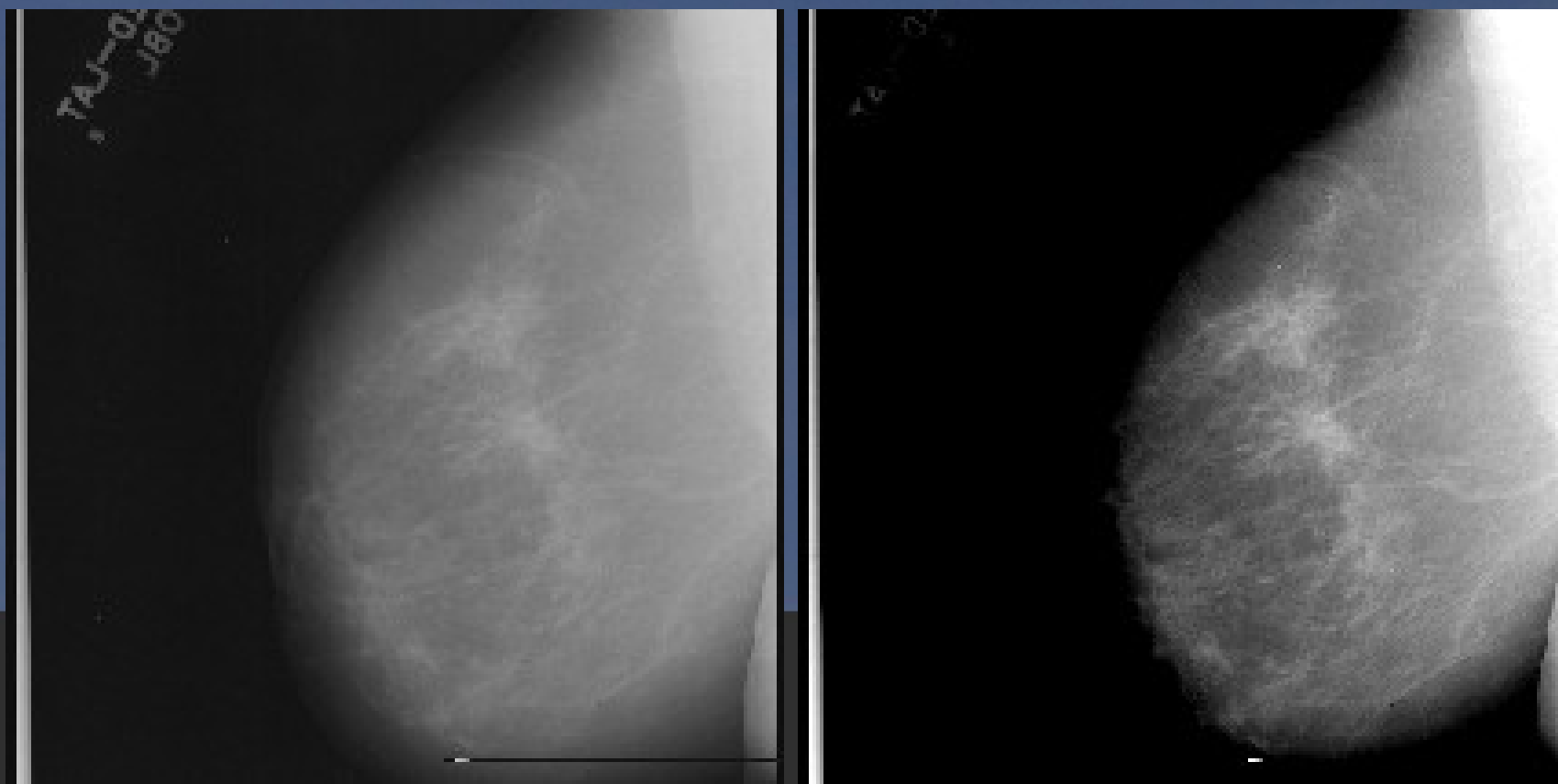
- Transformada de Fourier
 - Filtro Passa-baixa
 - Filtro Passa-alta
 - Filtro Passa-banda

Domínio Espaço-Frequência

- Transformada “Wavelet”

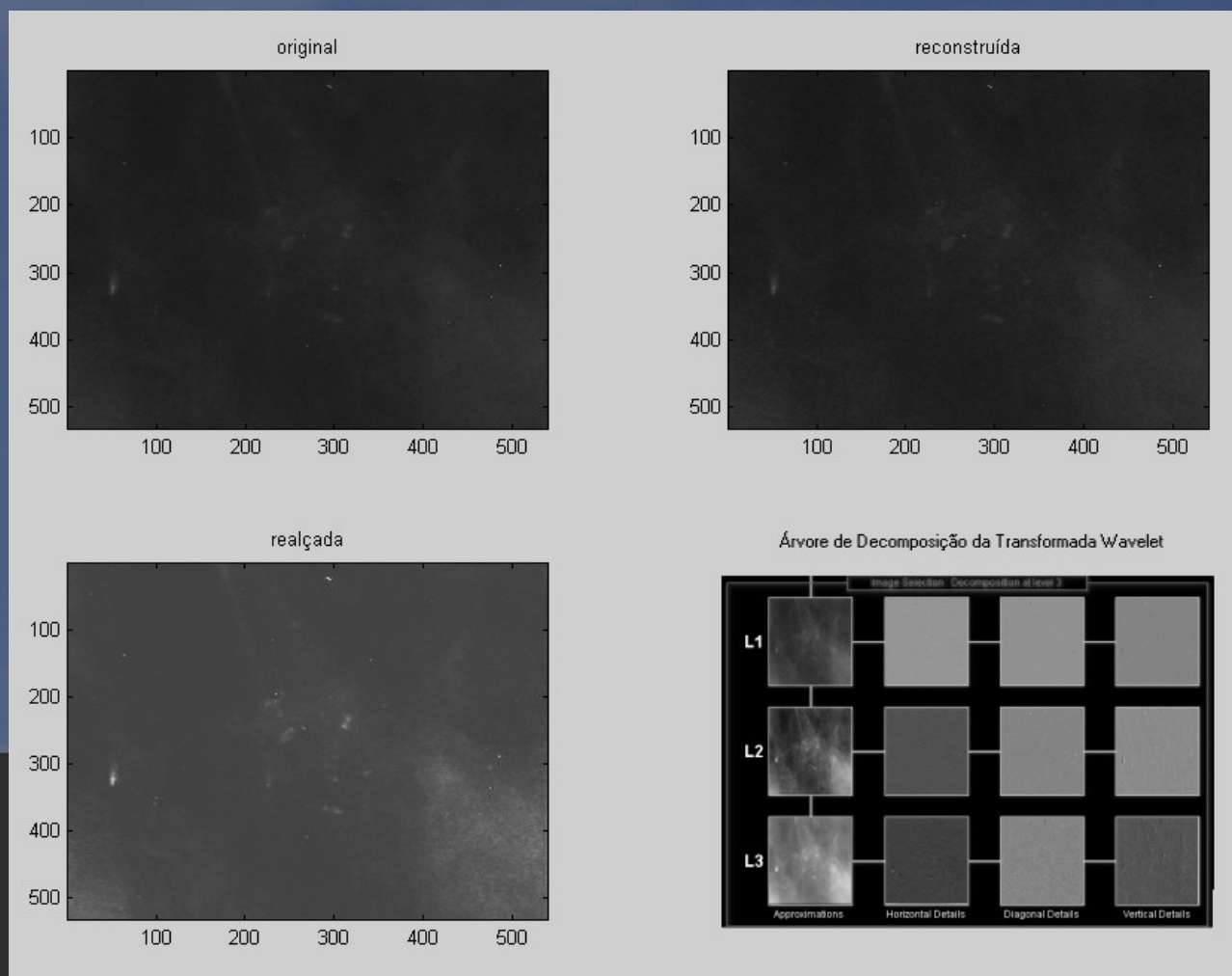
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRÉ-PROCESSAMENTO (Realce)



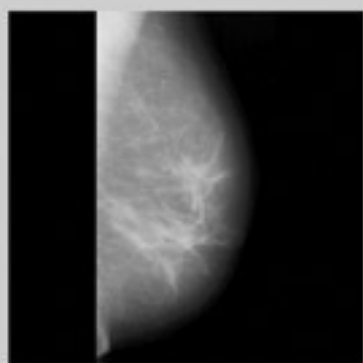
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

PRÉ-PROCESSAMENTO (Realce)



Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Segmentação



(a)



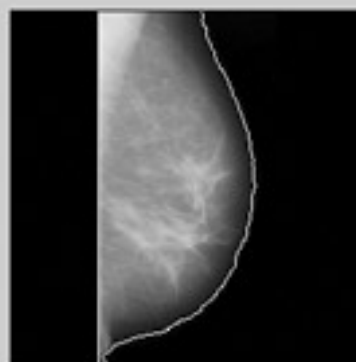
(b)



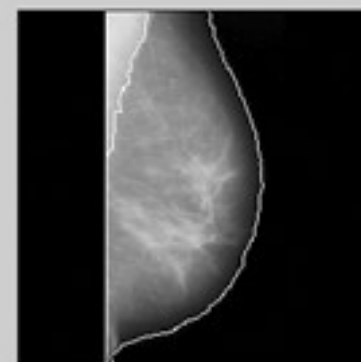
(c)



(d)



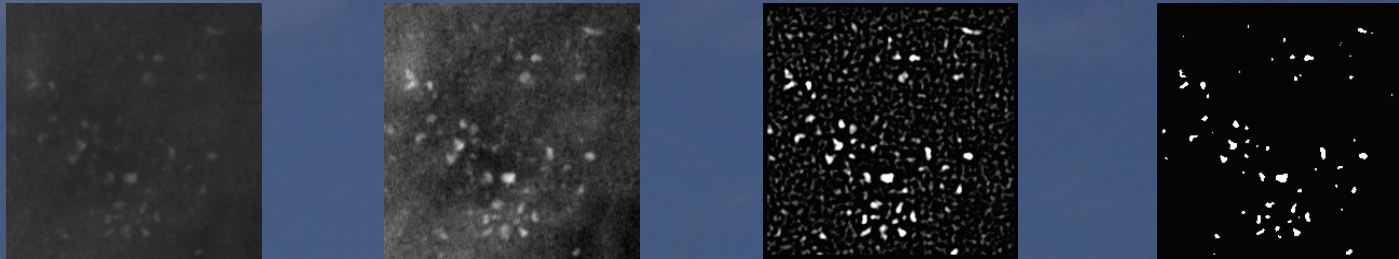
(e)



(f)

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

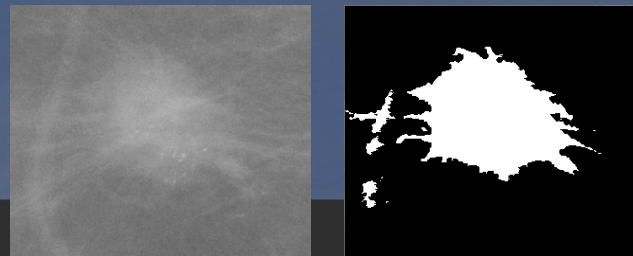
Segmentação



Exemplo de Segmentação de Imagem

- (a) ROI original com cluster (b) imagem após realce (c) imagem diferença
(d) imagem segmentada (após aplicação de threshold adaptativo)

Ferrari RJ et al. Characterization of breast cancer using statistical approaches. In: Doi K, MacMahon H, Giger ML and Hoffmann KR, eds. Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging. Amsterdam: Elsevier Science, 1999:281-6



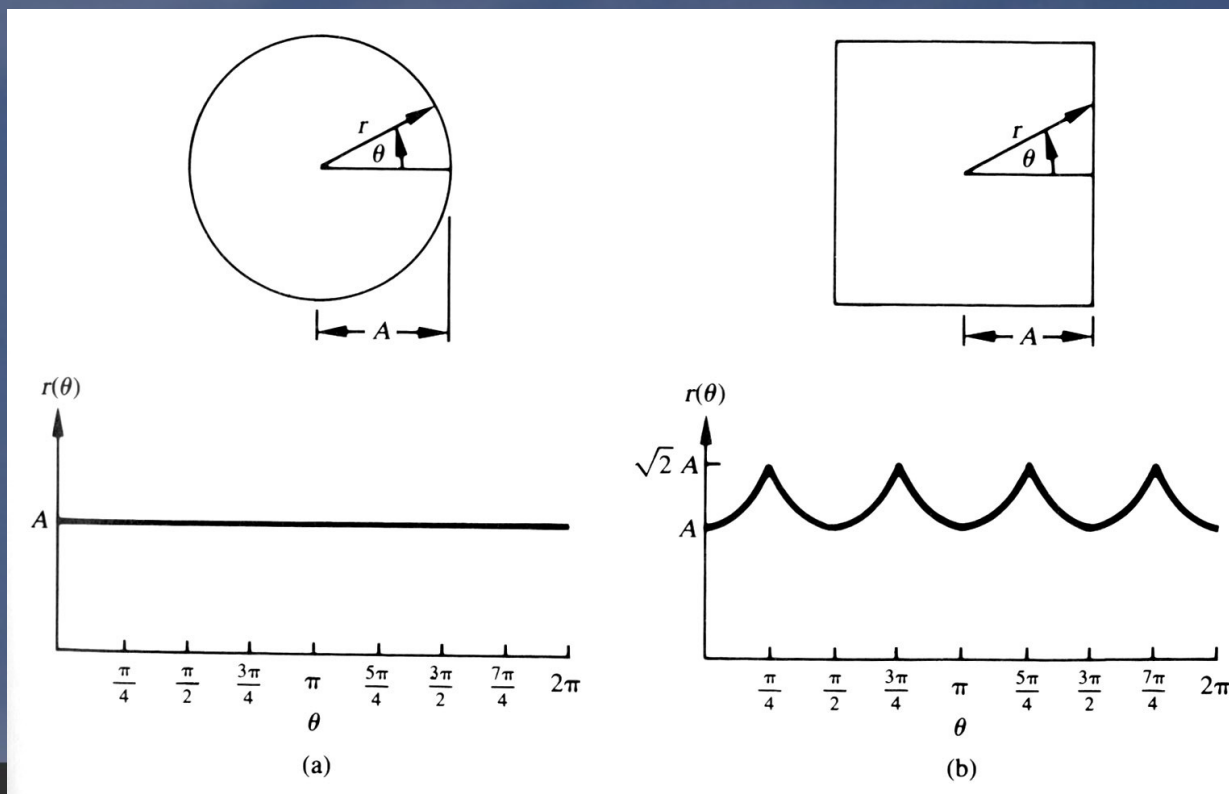
Exemplo de Segmentação de Imagem

- (a) ROI original com nódulo (b) imagem segmentada após aplicação de threshold adaptativo e morfologia matemática

Kinoshita SK et al. Characterization of breast masses using texture and shape features. In: Doi K, MacMahon H, Giger ML and Hoffmann KR, eds. Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging. Amsterdam: Elsevier Science, 1999:265-70.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Quantificação de Atributos

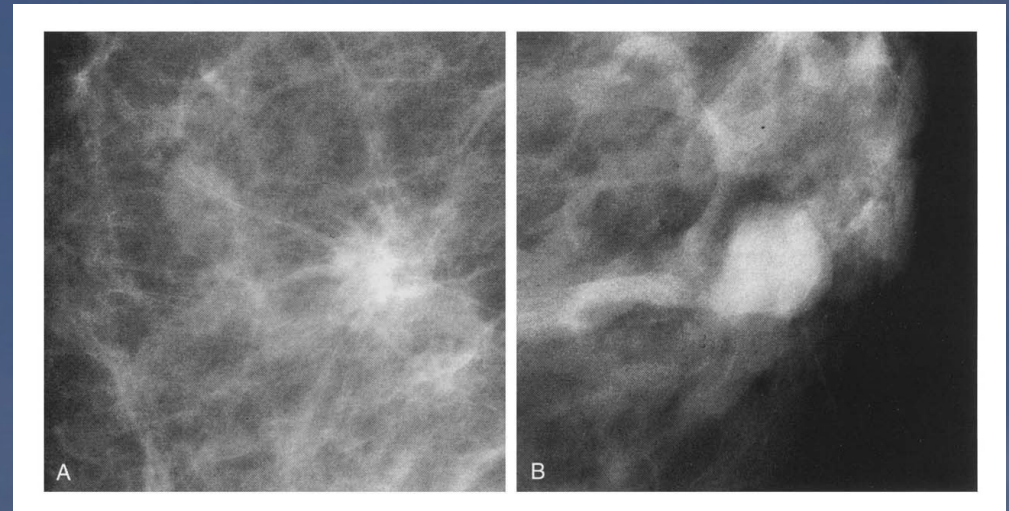
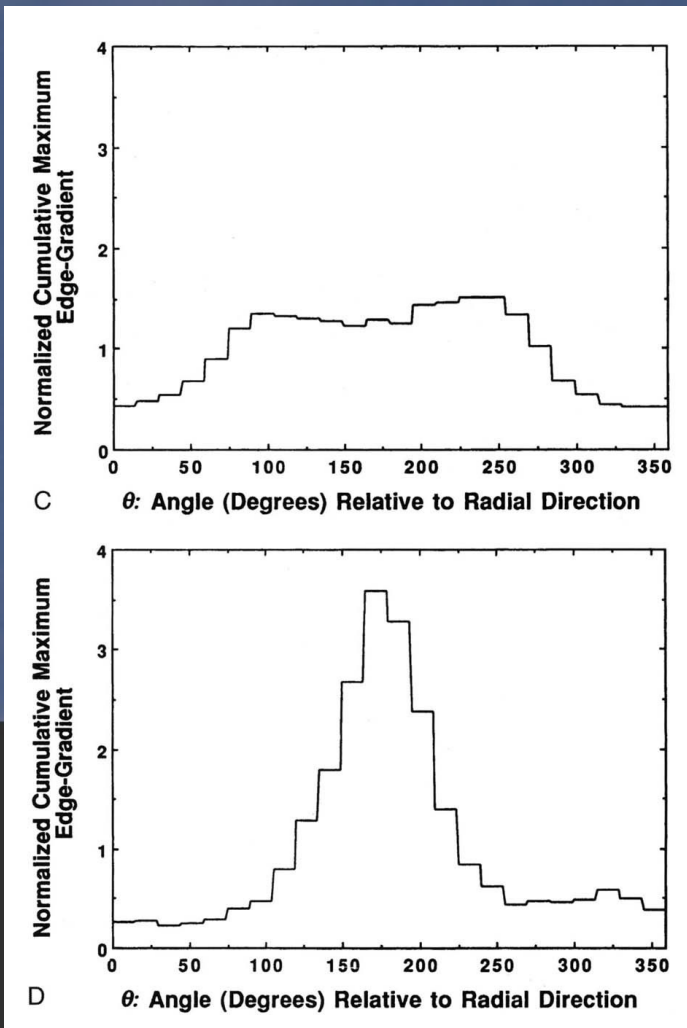


Representação funcional unidimensional de uma fronteira

Digital Image Processing. Gonzalez RC, Woods RE. Addison-Wesley Publishing Company, New York, USA, 1992.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Quantificação de Atributos



Giger ML, MacMahon H. *Radiologic Clinics Of North America*, V.34, No 3, p.565-96, 1996.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Quantificação de Atributos



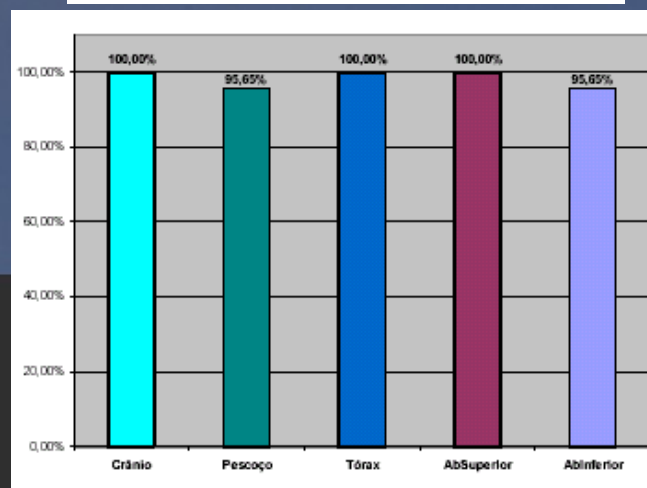
Figura 1 – Tamanho normal de uma imagem de Tomografia Computadorizada (512 x 512 pixels).



Figura 2 – Redução do tamanho imagem Figura 1 para 32 x 32 pixels.



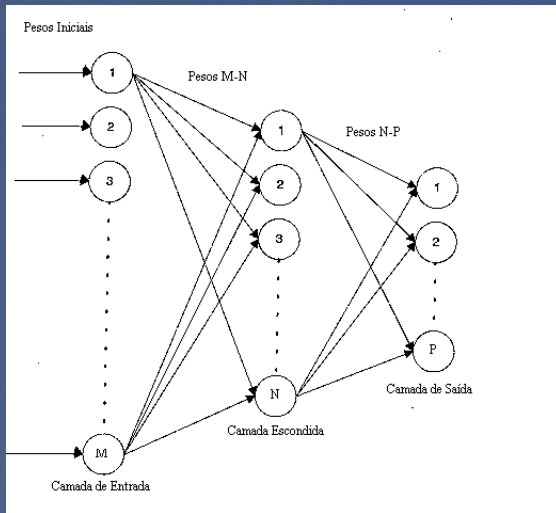
$$H = \sum_{i=1}^n P_i \log\left(\frac{1}{P_i}\right) \text{ ou } H = -\sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$



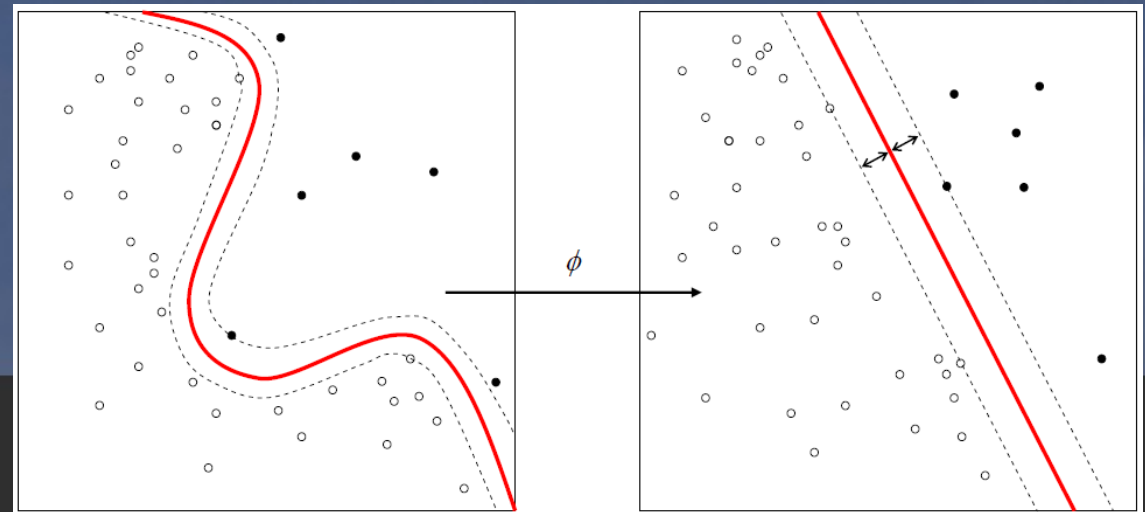
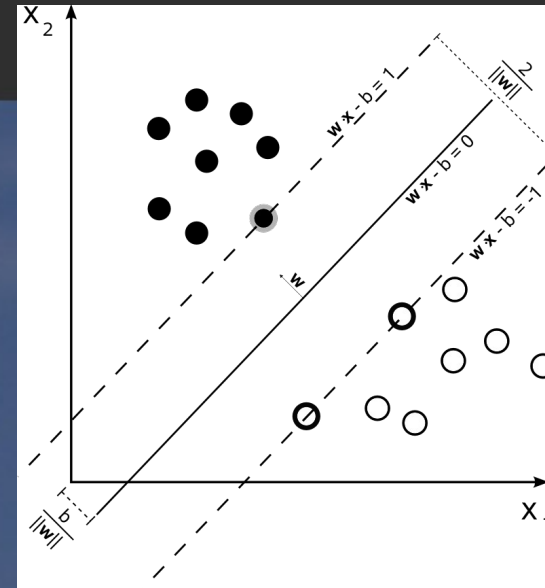
Des Desempenho da Rede Neural.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Classificação de Padrões



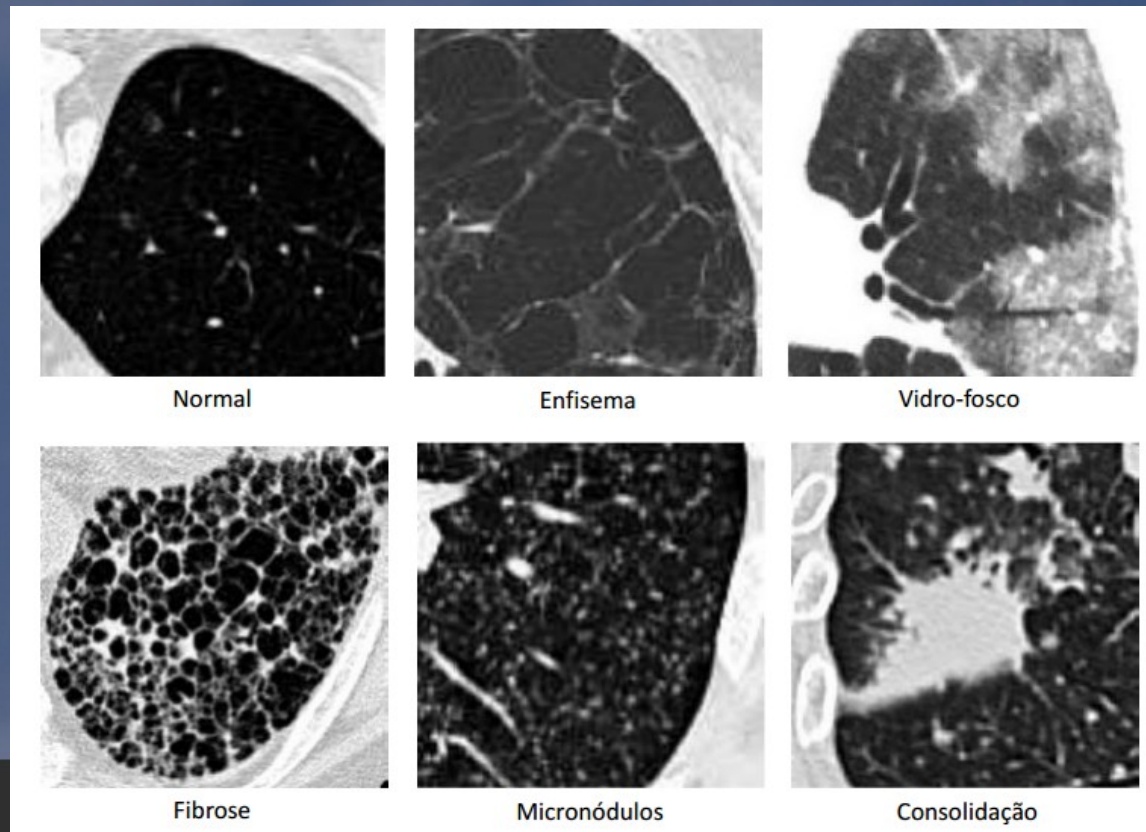
Esquema de uma rede neural artificial multi-camadas do tipo "feedforward"



Kernel SVM utilizado para computar função separável não-linear em alta dimensões.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

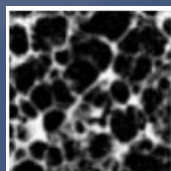
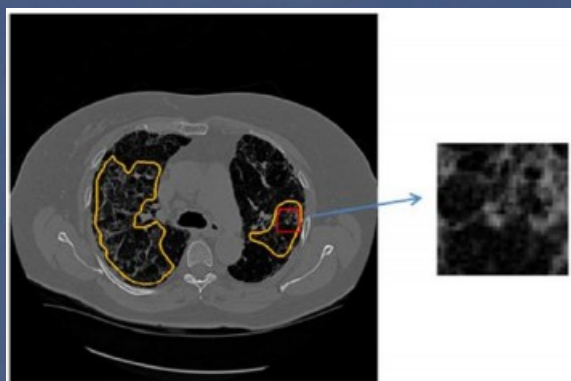
Classificação de Padrões



Bagesteiro LD, Oliveira LF, Weingaerner W.
IEEE 28th Intern. Symp. On *Computer-Based
Medical Ssystems (CBMS)*, p. 177-182, 2015.

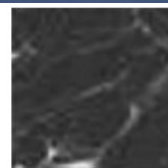
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Classificação de Padrões



Classe FIB

$$x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m]$$

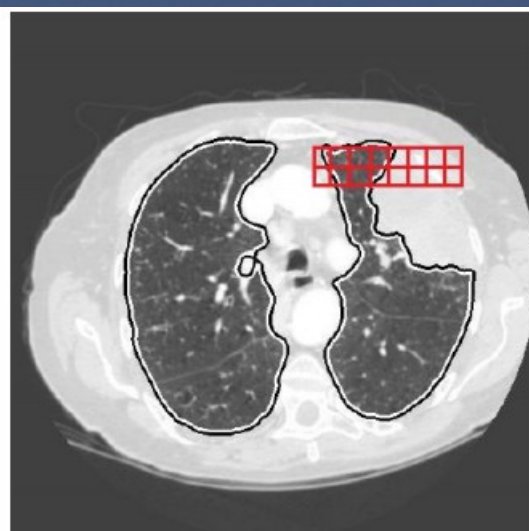


Classe ENF

$$y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n]$$



Classificação em blocos da região segmentada

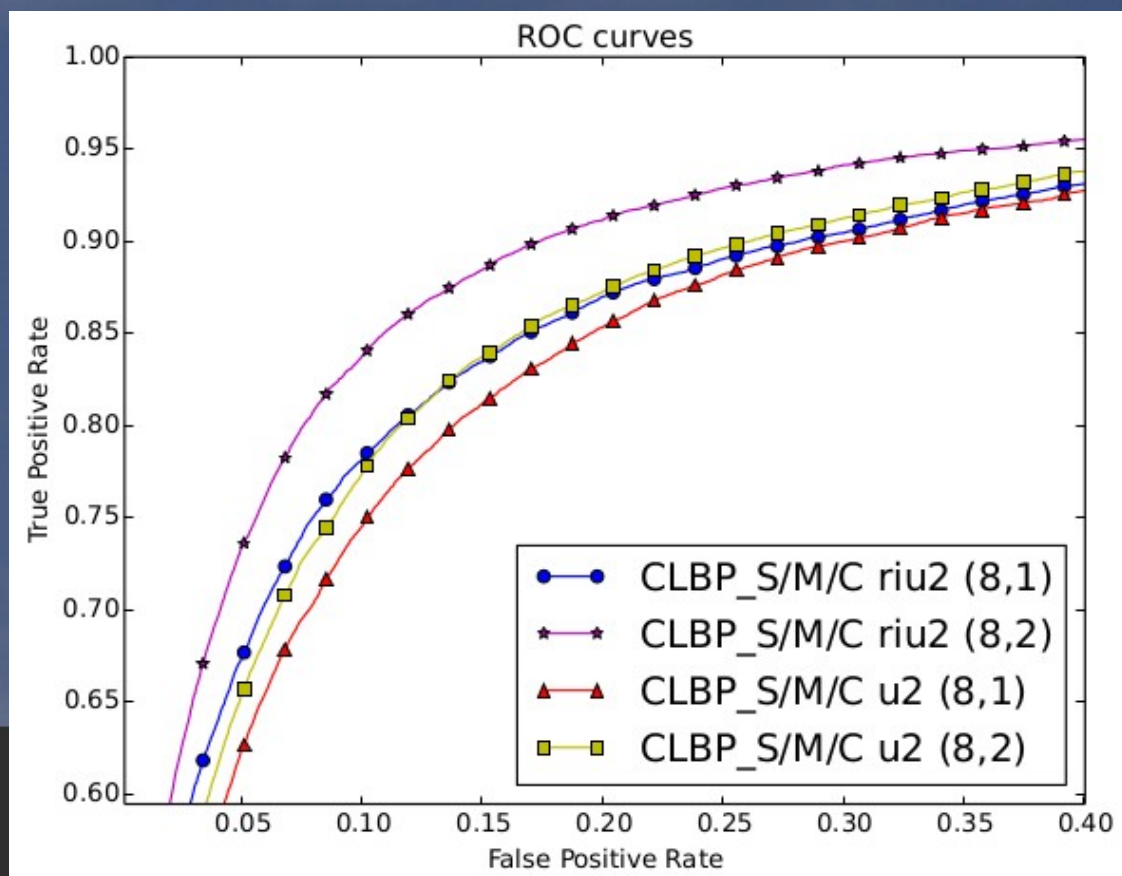


Classificação em blocos de toda a imagem

Bagesteiro LD, Oliveira LF, Weingaerner W.
IEEE 28th Intern. Symp. On *Computer-Based
Medical Ssystems (CBMS)*, p. 177-182, 2015.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

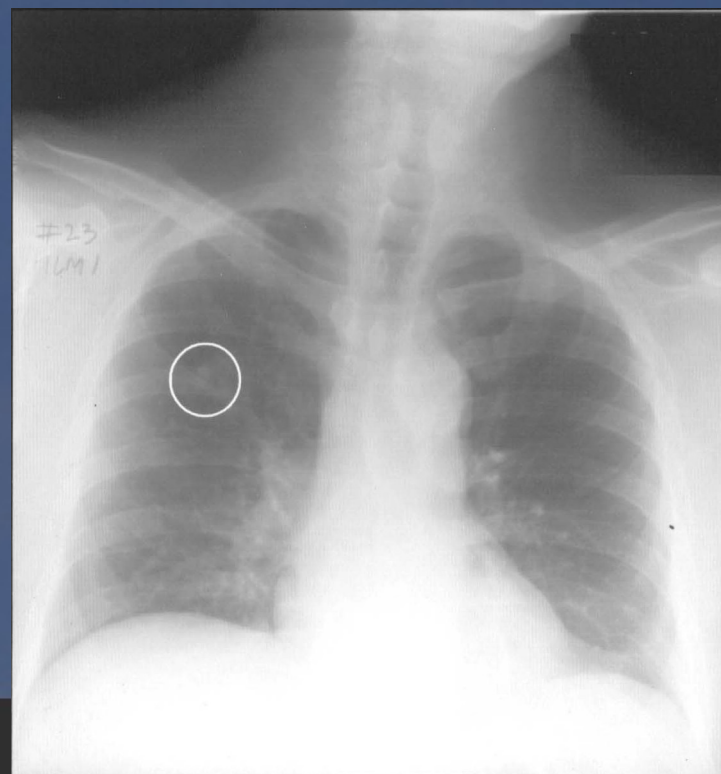
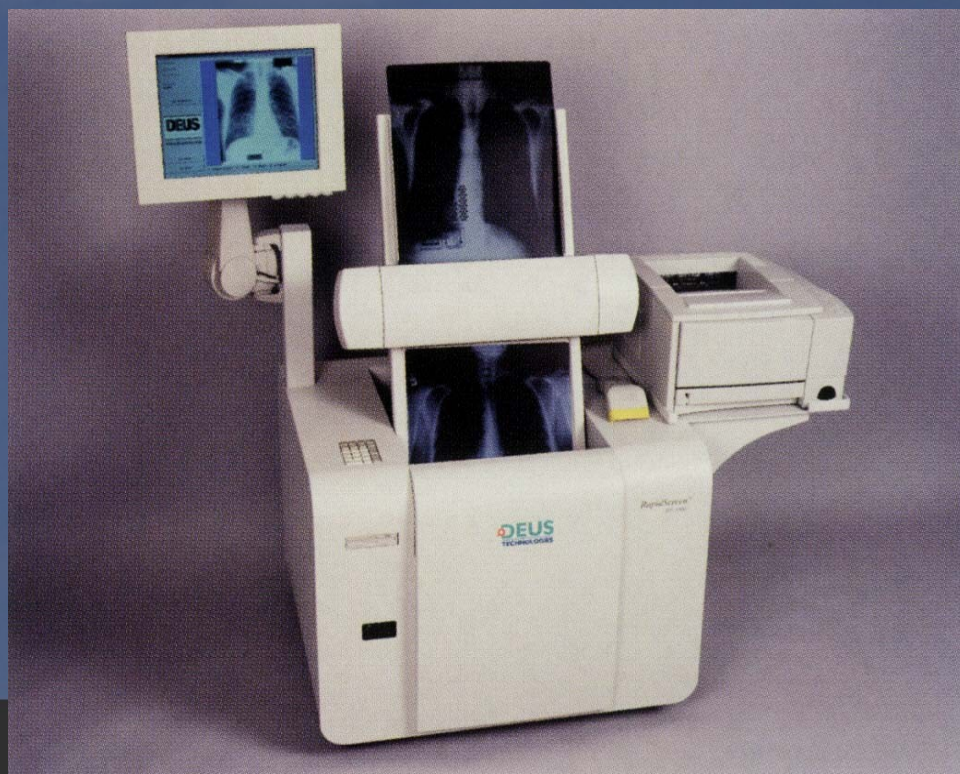
Classificação de Padrões



Bagesteiro LD, Oliveira LF, Weingaerner W.
IEEE 28th Intern. Symp. On *Computer-Based
Medical Ssystems (CBMS)*, p. 177-182, 2015.

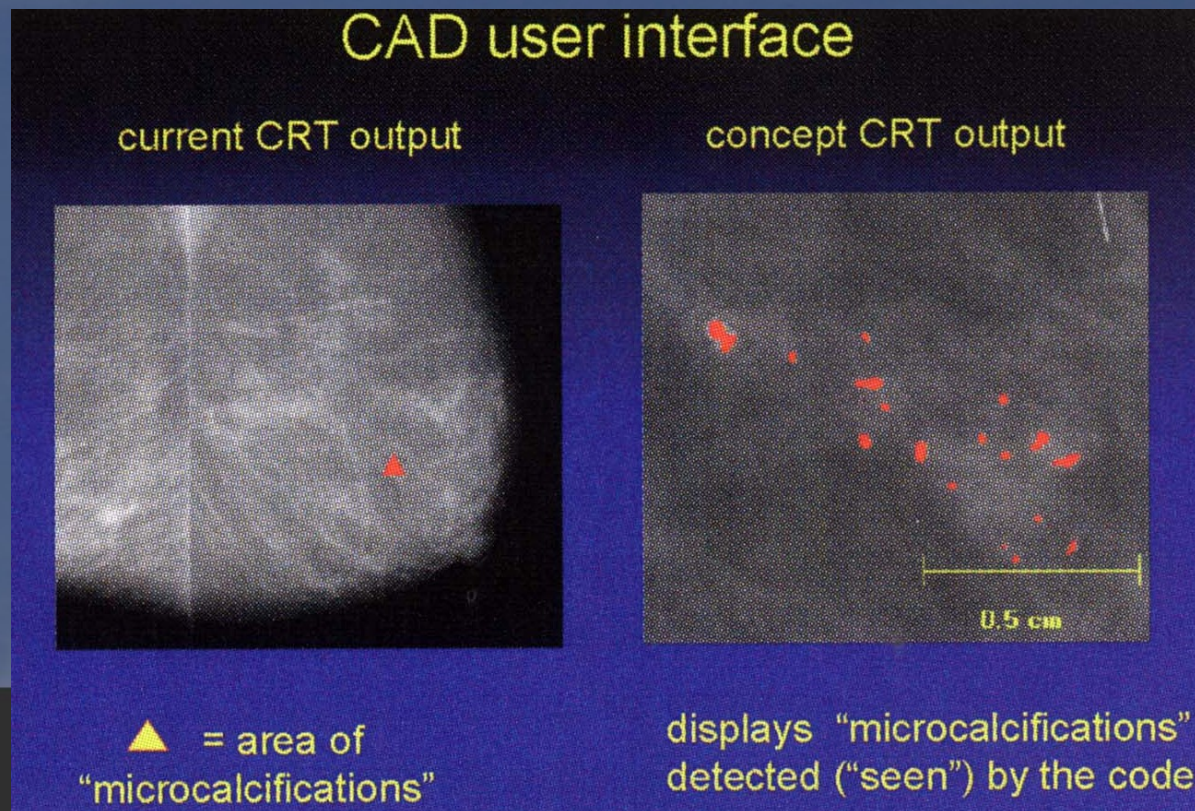
Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Exemplos



Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

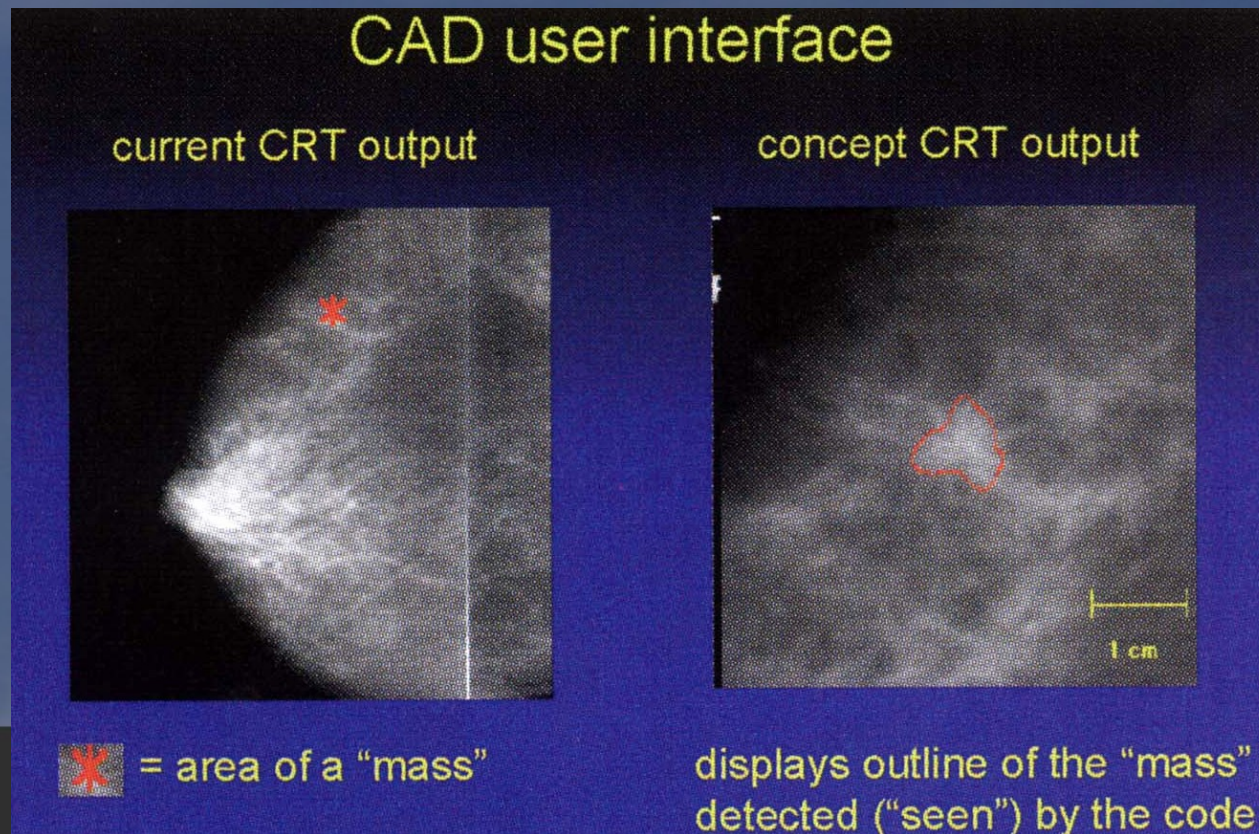
Exemplos



Castellino RA. Computer-aided detection: An overview. *Applied Radiology*, Supplement November 2001:4-8.

Diagnóstico Auxiliado por Computador (CAD)

Exemplos



Castellino RA. Computer-aided detection: An overview. *Applied Radiology*, Supplement November 2001:4-8.

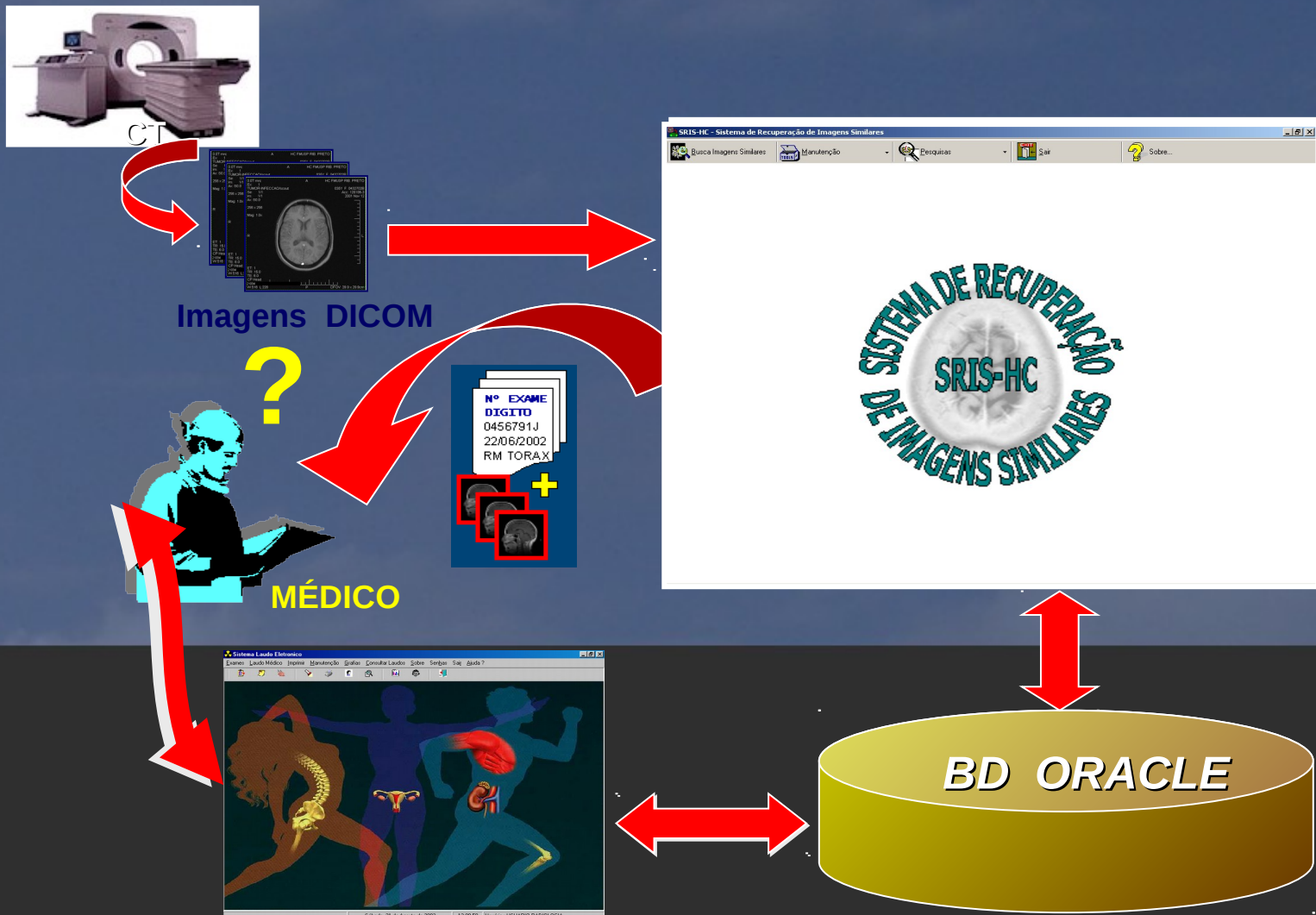
Processamento de Imagens Médicas

- INSPEÇÃO VISUAL
- DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR
(CAD – Computer-aided diagnosis)
- RECUPERAÇÃO DE IMAGEM BASEADA EM
CONTEÚDO (CBIR – Content-based image retrieval)

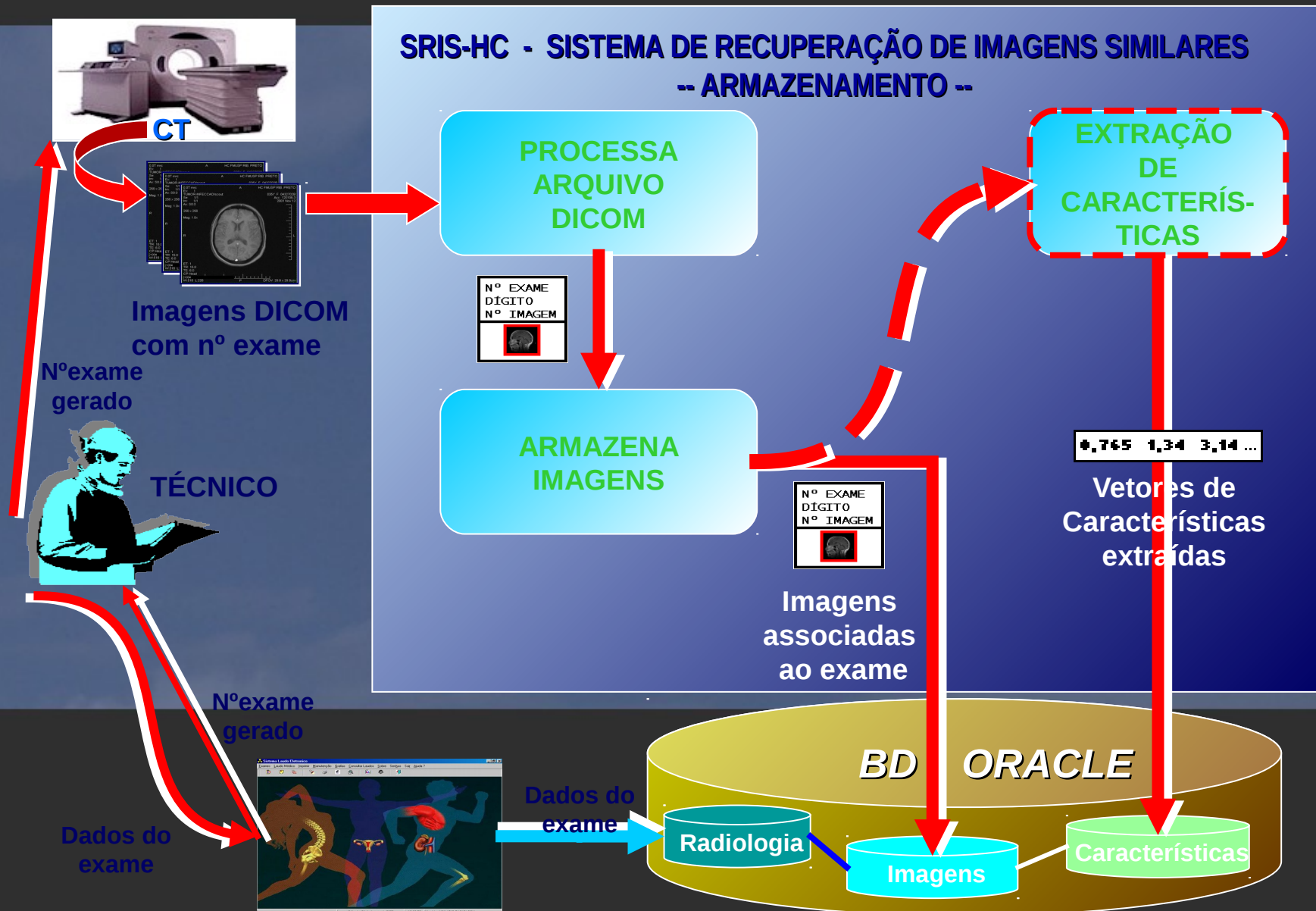
Recuperação Baseada em Conteúdo (CBIR)

O Sistema SRIS-HC

Rosa NA, Traina AJM. Uma abordagem prática e eficiente de consultas por similaridade para suporte ao diagnóstico por imagem. Dissertação de mestrado, ICMC/USP, 2002.



Projeto cbPACS



Projeto cbPACS

