

PROCESSAMENTO DE IMAGENS

- Introdução
- Conceitos básicos
- Pré-processamento
- Realce
- Classificação

PROCESSAMENTO DE IMAGENS- aula de 22/10/09

- **Introdução**
- **Conceitos básicos**
- Pré-processamento
- **Realce**
- Classificação

PROCESSAMENTO DE IMAGENS- aula de 29/10/09

- **Introdução - 22/10**
- **Conceitos básicos - 22/10**
- **Pré-processamento (29/10?)**
- **Realce**
 - **Radiométrico(22/10); espacial e espectral (29/10)**
- **Classificação**

PROCESSAMENTO DE IMAGENS

- Extração de Informações de Imagens
 - Interpretação Visual
 - Processamento Digital

Processamento Digital de Imagens

- Importância do Processamento Digital de Imagens
 - Volume de dados
 - Objetividade
 - Velocidade de manipulação
 - Demanda por informação atualizada
 - Melhorar o aspecto para a análise visual e outros processamentos
 - Gerar novos produtos (novas imagens, gráficos e tabelas)
 - Registrar a informação espacial em determinado contexto

Processamento Digital de Imagens

- Conceitos básicos
 - Imagem digital
 - Estatísticas a partir da imagem digital
 - Arquitetura de sistemas de processamento de imagens

Processamento Digital de Imagens

- Imagem digital
 - Representação bidimensional da energia refletida ou emitida por uma cena
 - Mundo real => discretização (amostragem) => quantização (atribuição de valores inteiros)
 - Pixel x nível de cinza

Processamento Digital de Imagens

- Imagem digital
 - Função $I(x,y)$, bidimensional, definida numa certa região.
 - Região: subconjunto limitado do plano. Valores assumidos pela função são números reais, não negativos \Rightarrow função mede energia refletida ou emitida por objetos e captada por um sistema de imageamento.

Processamento Digital de Imagens

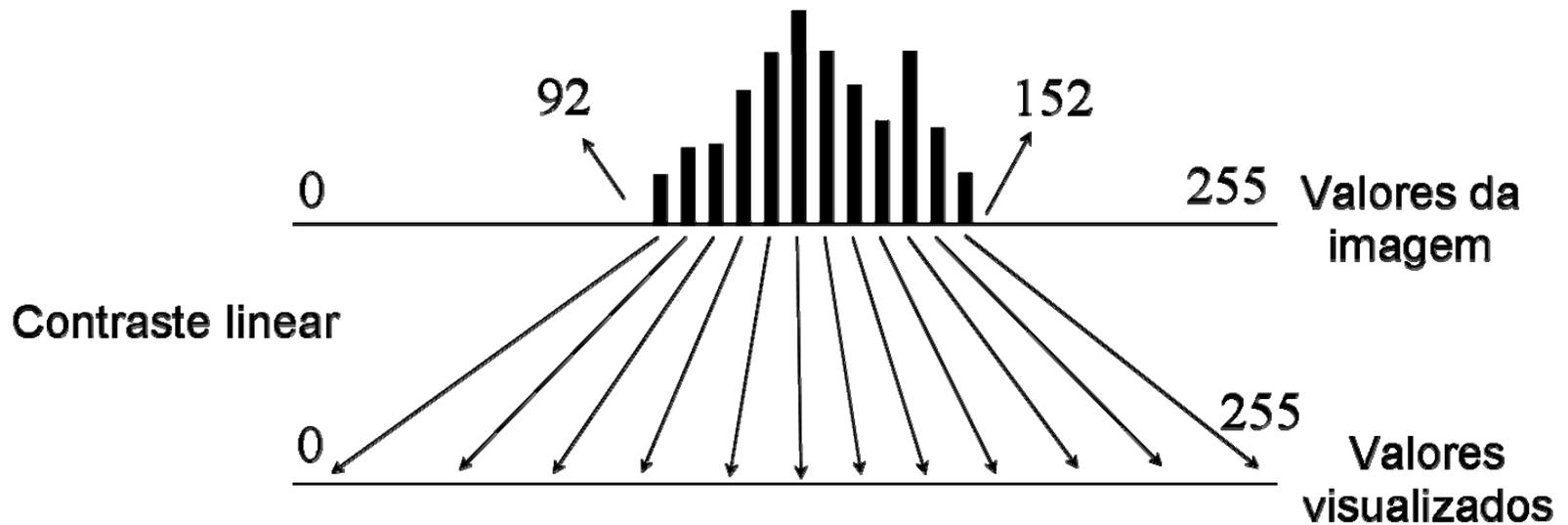
- Imagem digital
 - Nível de cinza: valor de $I(x,y)$ na imagem no ponto (x,y) .
 - Imagem digital (ou discreta): função definida numa grade regular de pontos na forma: $(m.dx, n.dy)$
 - dx e dy : intervalos regulares nas direções x e y
 - M e n : inteiros definidos nos intervalos $[0, M-1]$ e $[0, N-1]$
 - Os valores assumidos nesses pontos são também múltiplos de uma quantidade dz , da forma $k.dz$, k no intervalo $[0, k-1]$.

Processamento Digital de Imagens

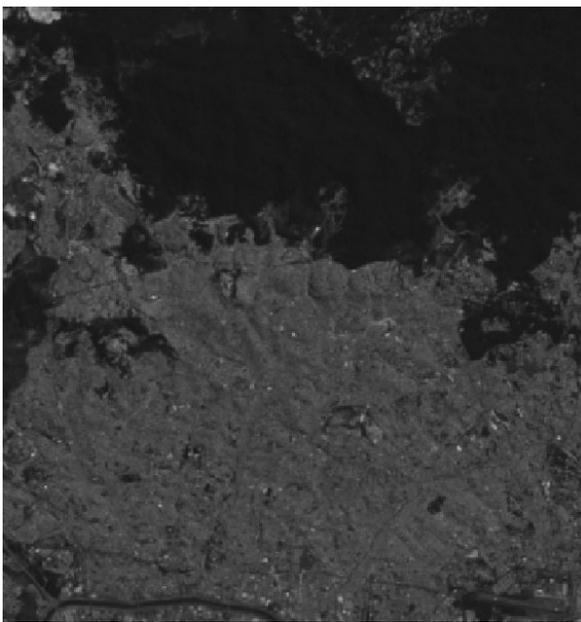
- Imagens monocromáticas e multiespectrais
- Contraste
 - Indica qualidade visual da imagem
 - Depende:
 - variação dos níveis de cinza
 - estrutura espacial dos elementos na imagem
 - da geometria na obtenção da imagem

Processamento de Imagens

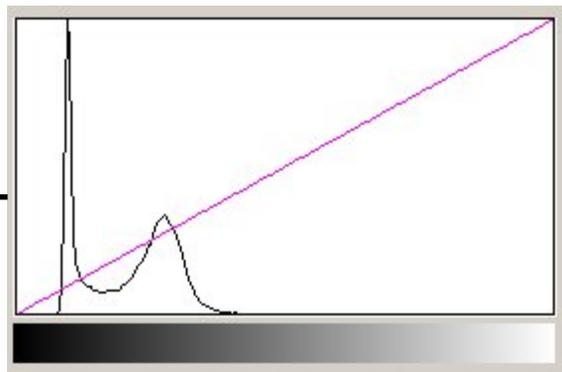
Contraste



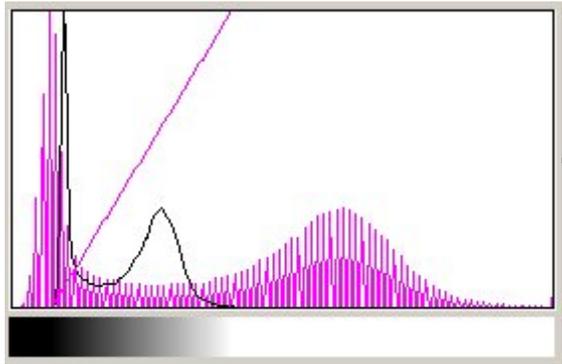
Histograma



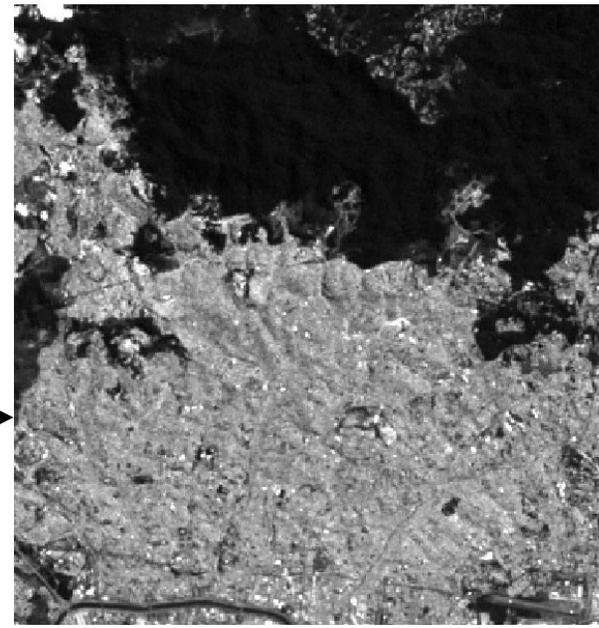
Banda 3 – Imagem sem realce



Histograma da Banda 3 sem realce



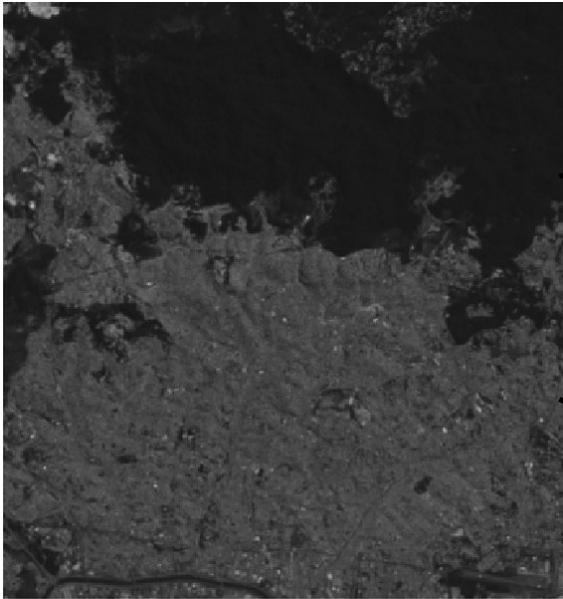
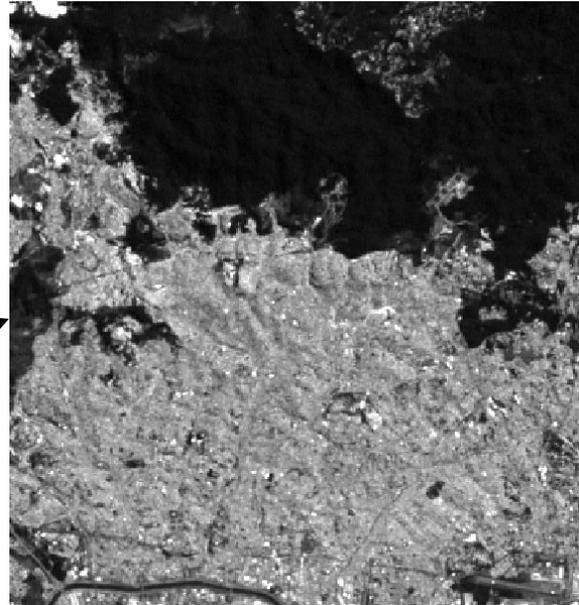
Histograma da Banda 3 com realce linear



Banda 3 – Imagem com realce linear

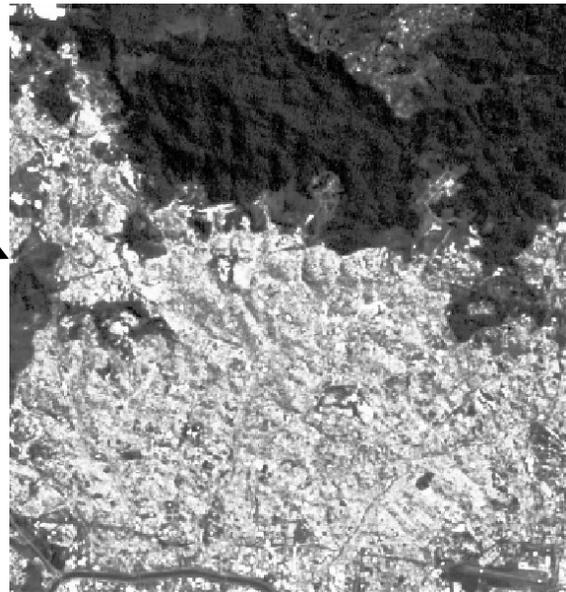
Realce

Banda 3 – Realce linear

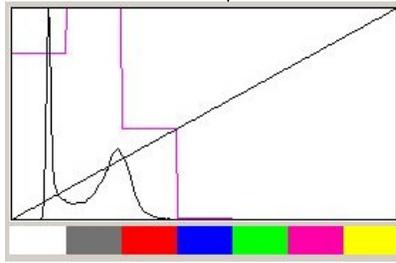
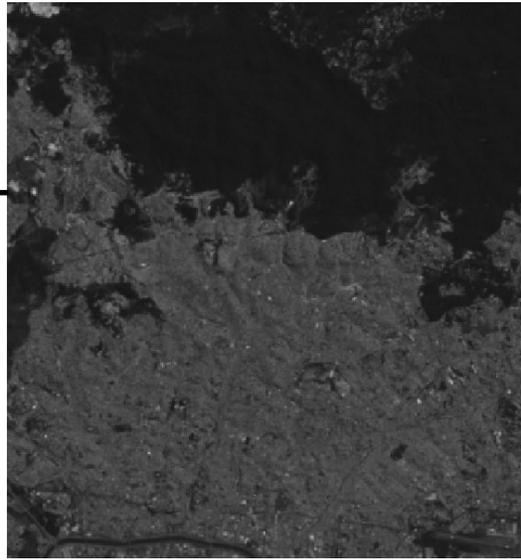


Banda 3 – Imagem sem realce

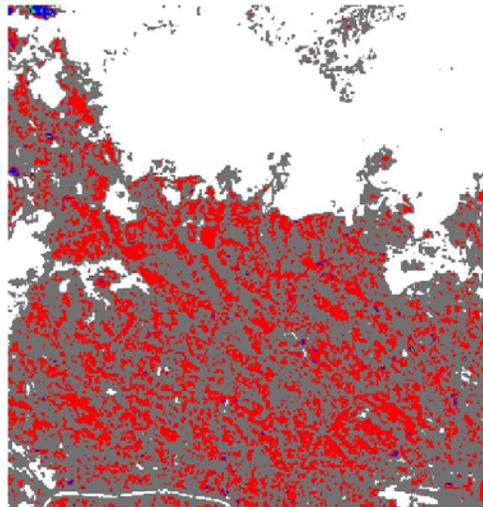
Banda 3 – Realce equidistribuído



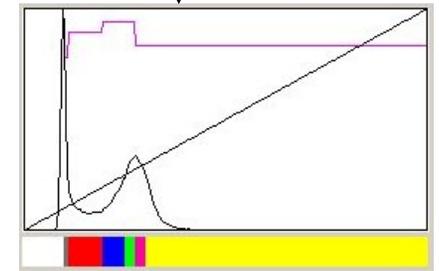
Fatiamento



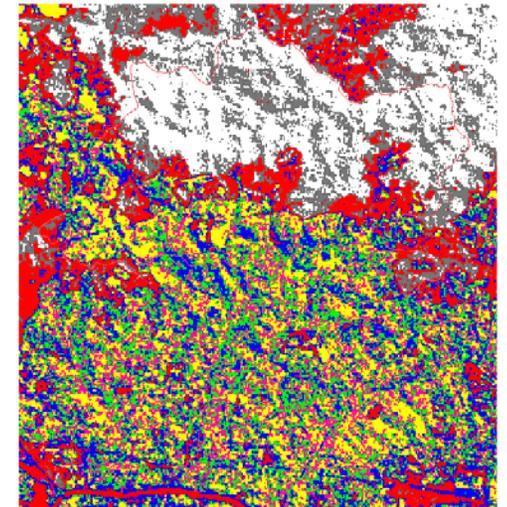
B3 - Fatiamento Normal (7 Classes)



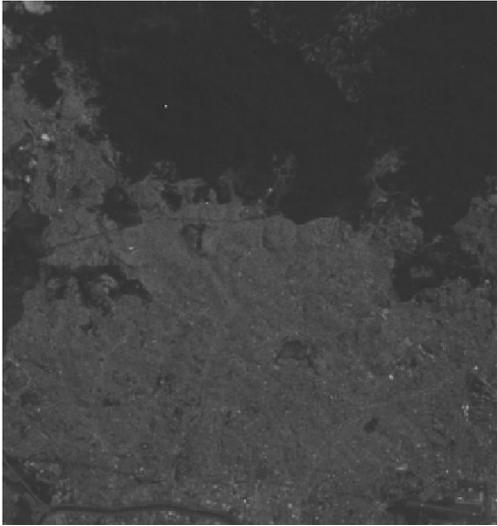
Banda 3 sem realce



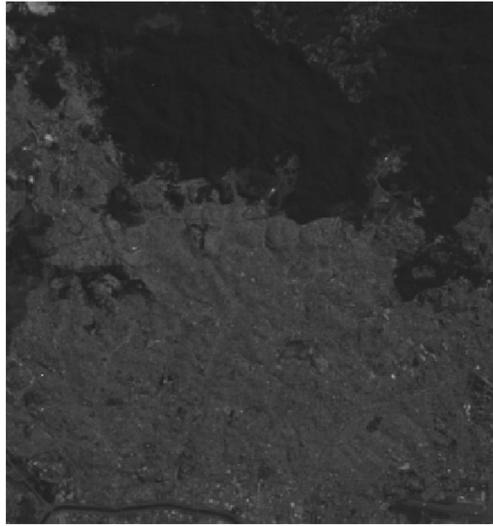
B3 - Fatiamento Equidistribuído



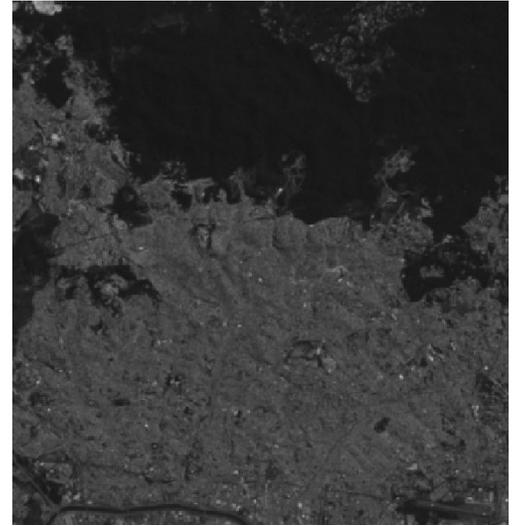
Bandas originais



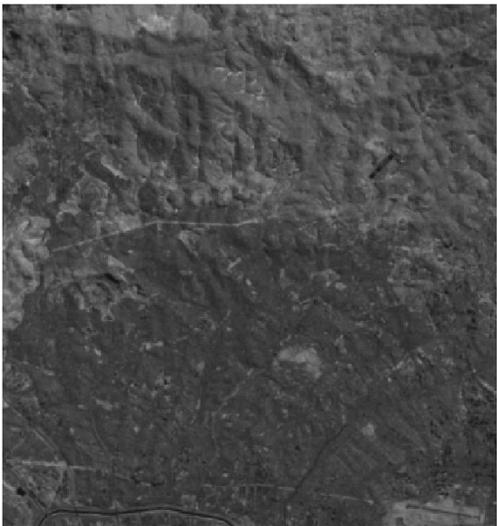
B1



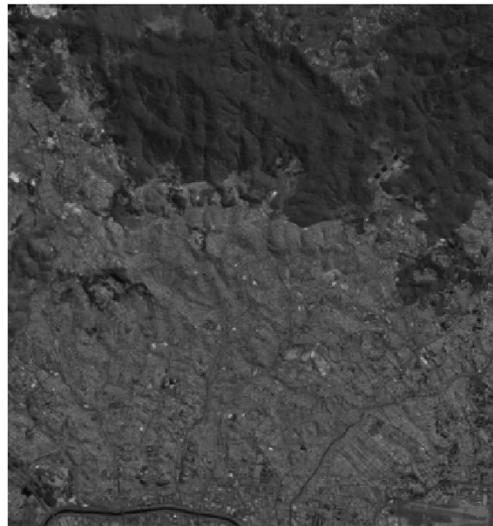
B2



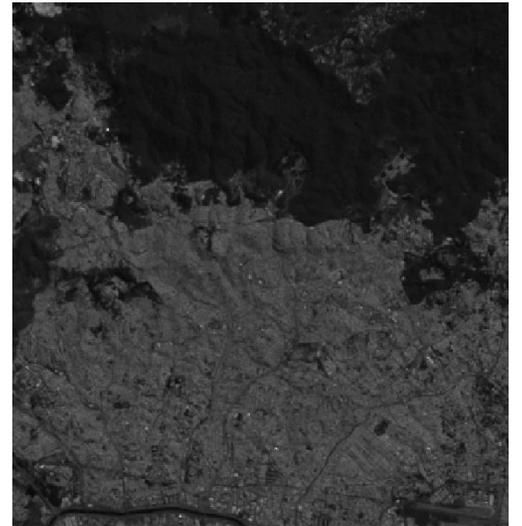
B3



B4

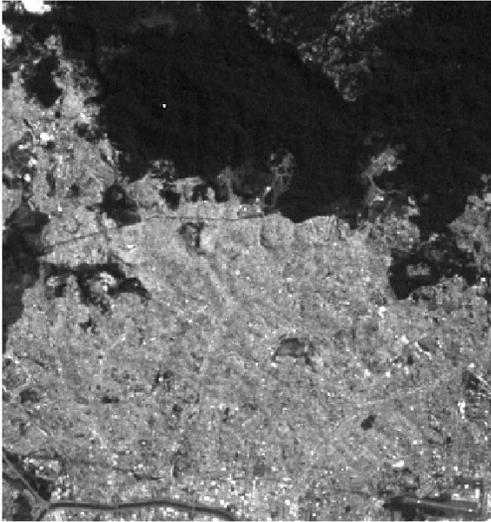


B5

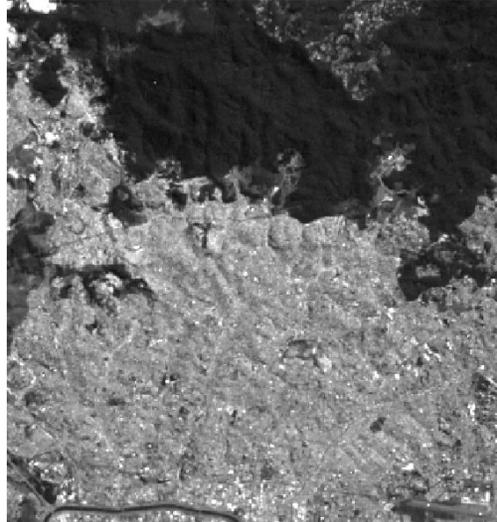


B7

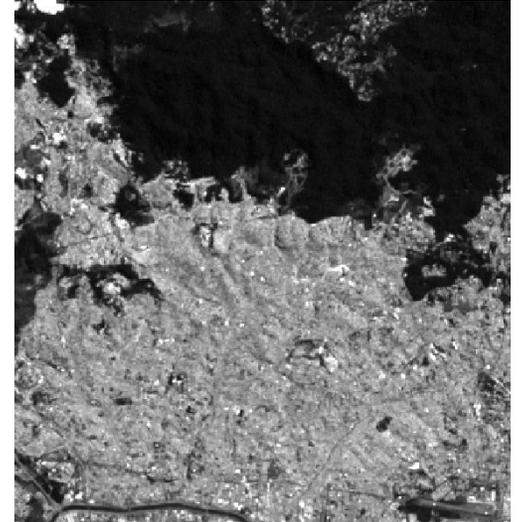
Bandas com realce linear



B1



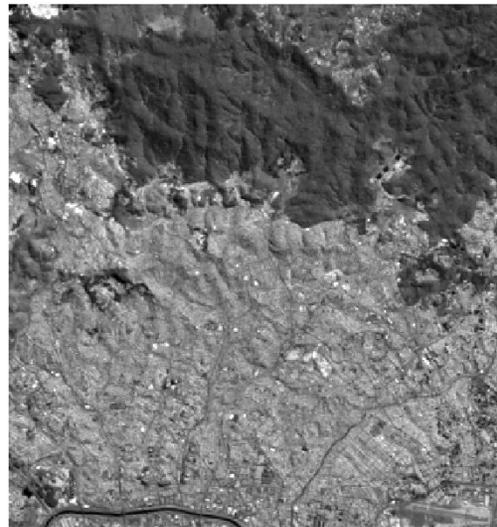
B2



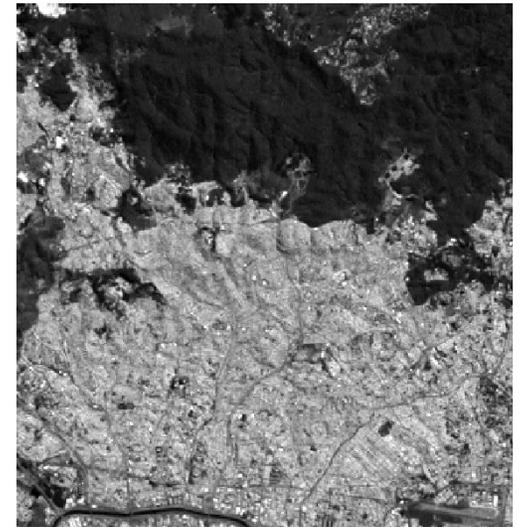
B3



B4



B5



B7

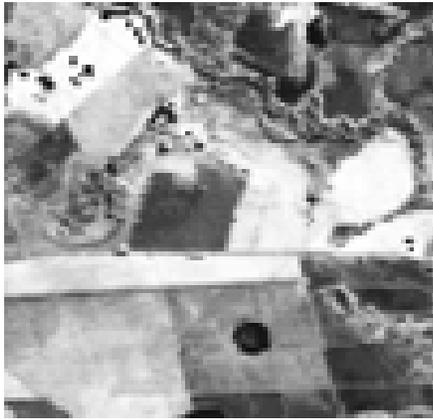
Processamento Digital de Imagens

- Introdução
 - Pré-processamento
 - corrigir possíveis distorções
 - melhorar o desempenho de algoritmos a serem usados
 - **Processamento**
 - **Realce**
 - Classificação

Processamento Digital de Imagens

- Pré-processamento
 - Delimitação da área de estudo
 - Correção radiométrica e atmosférica
 - Correção geométrica
 - Observação da imagem
 - Histograma

Pré-Processamento



- Delimitação da área de estudo



Pré-Processamento

- Correções geométricas
 - Objetivam minimizar distorções geométricas
 - Técnicas de correção:
 - Técnica mais usual: correção polinomial => exige muitos pontos de controle
 - Ponto de controle: localização bem conhecida, bem distribuídos na imagem
 - Métodos mais precisos: modelos matemáticos com dados de telemetria, altitude e conhecimento do sistemas de imageamento
 - Cálculo dos níveis de cinza: reamostragem
 - Vizinho mais próximo
 - Bilinear (4 pixels vizinhos)
 - Convolução cúbica (16 pixels vizinhos)

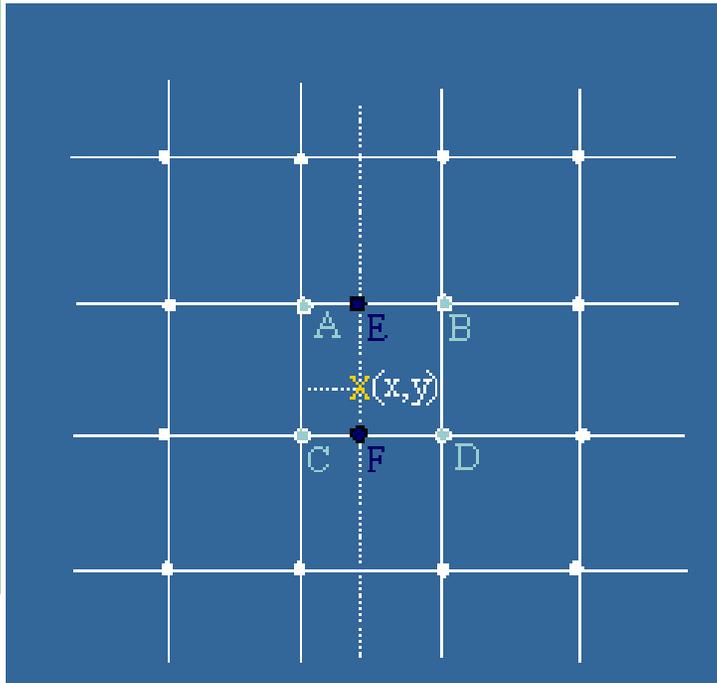
Interpolação VMP



O NC do ponto C é transferido para a posição X

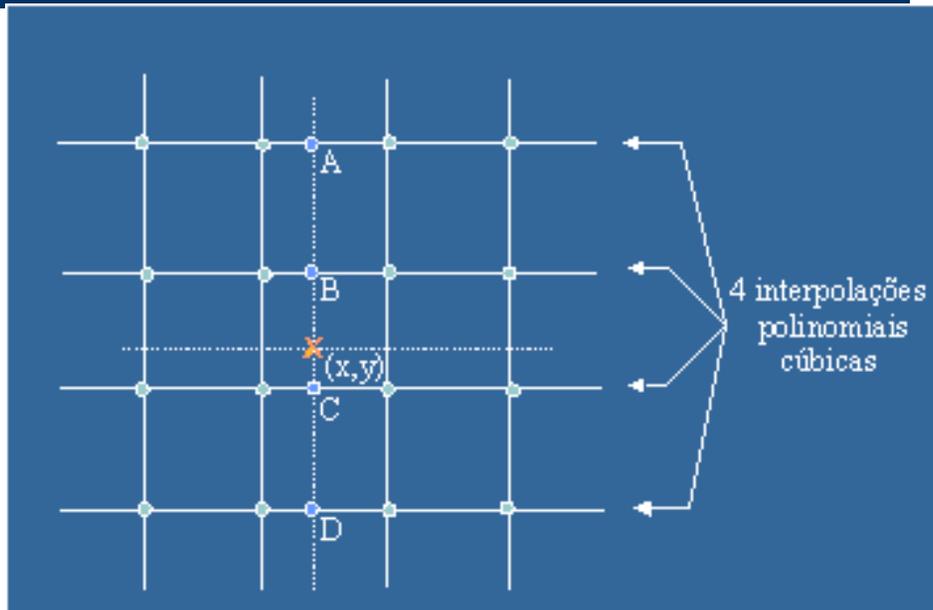
- Efeito de blocos
- Processamento rápido
- Não cria novos valores de NC (mantém estatísticas da imagem)

Interpolação Bilinear



- O valor obtido pela média ponderada dos NCs dos pontos E e F é transferido para a posição X
- Efeito de suavização devido a operação de média

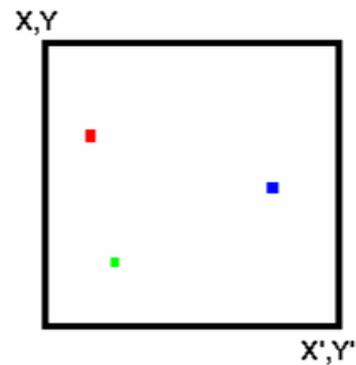
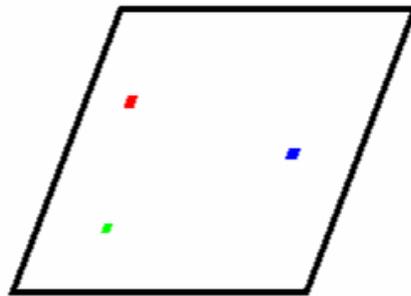
Interpolação Cúbica



- Computacionalmente mais caro
- Introduce novos valores de NCs (altera parâmetros estatísticos)
- Produz imagem com aparência mais natural

Pré-Processamento

- Correção geométrica e registro



Pré-Processamento

- Correção geométrica e registro

Correção geométrica: conversão do sistema das coordenadas das imagens para um sistema de projeção de mapas padrão.

Permite:

- localização exata na imagem
- Exportar imagens para SIG

Pré-Processamento

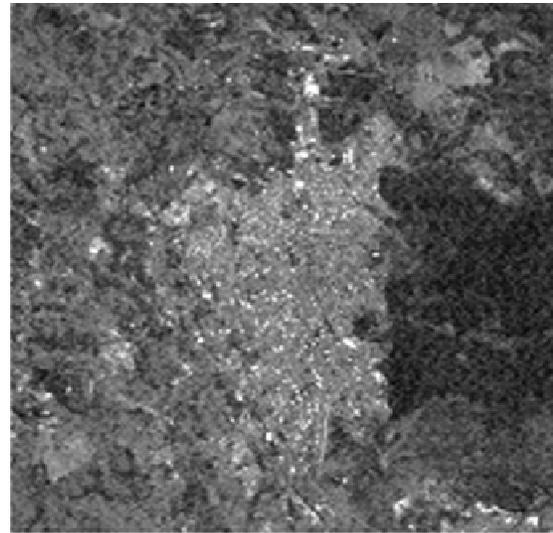
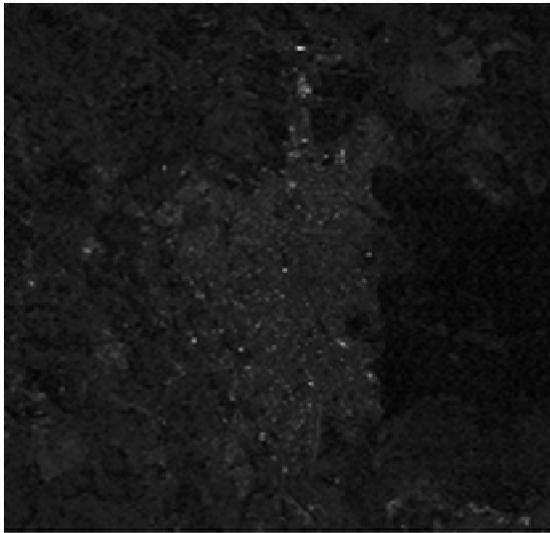
- Correções radiométricas
 - Objetivam eliminar ruídos
 - Técnicas de correção:
 - Filtros de média ou mediana
 - “princípio da reflectância zero”

Processamento Digital de Imagens

- Realce
 - Radiométrico
 - Manipulação de Contraste
 - Espectral
 - Composição colorida (RGB e IHS)
 - Operações aritméticas
 - Componentes principais
 - Transformação canônica
 - Espacial
 - Filtragens

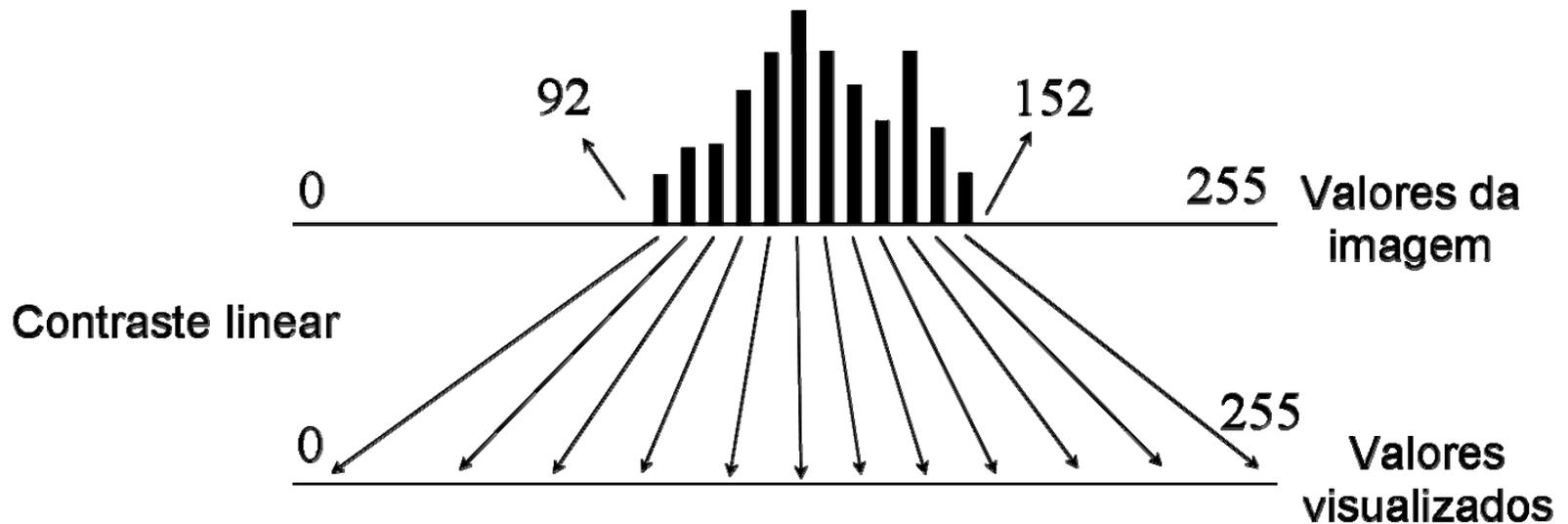
Processamento Digital de Imagens

- Realce radiométrico
 - Manipulação de Contraste
 - Imagem Spot original e com contraste



Processamento de Imagens

Manipulação de Contraste



Realce

- Manipulação de Contraste
 - Modificação de Histogramas
 - Realce linear
 - Realce linear com saturação
 - Equalização do Histograma
 - Fatiamento

Realce

- Manipulação de Contraste
 - Modificação de Histogramas

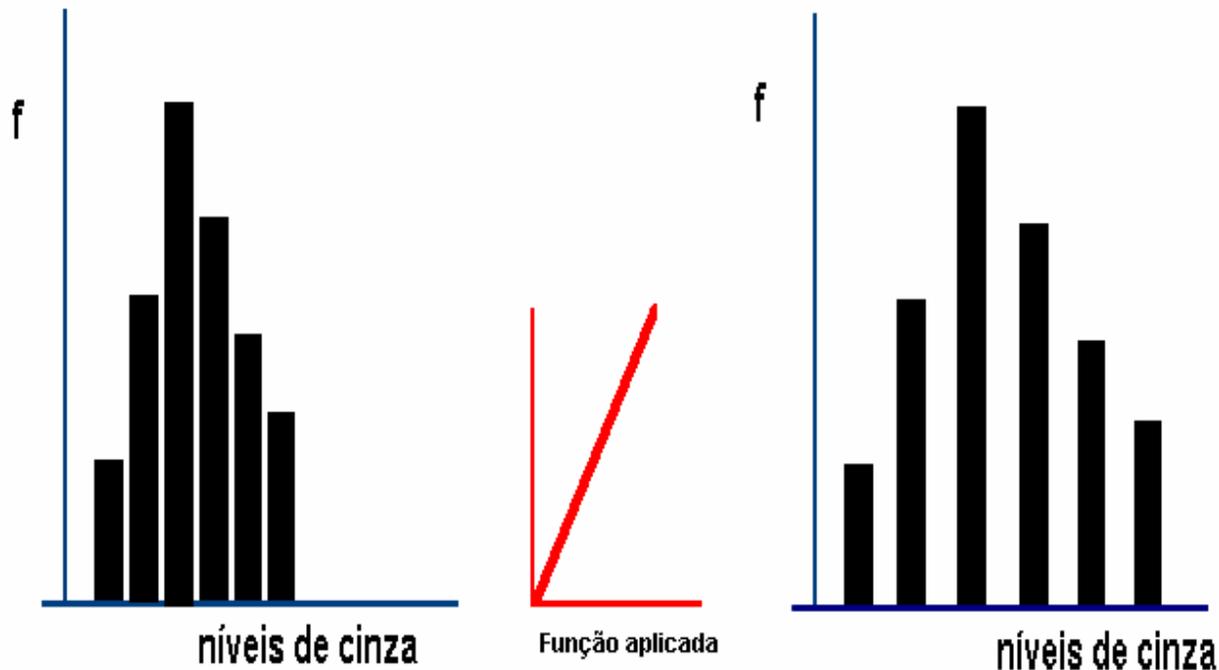


Imagem TM Banda 3 - Original



Imagem TM Banda 3 - Realce Linear

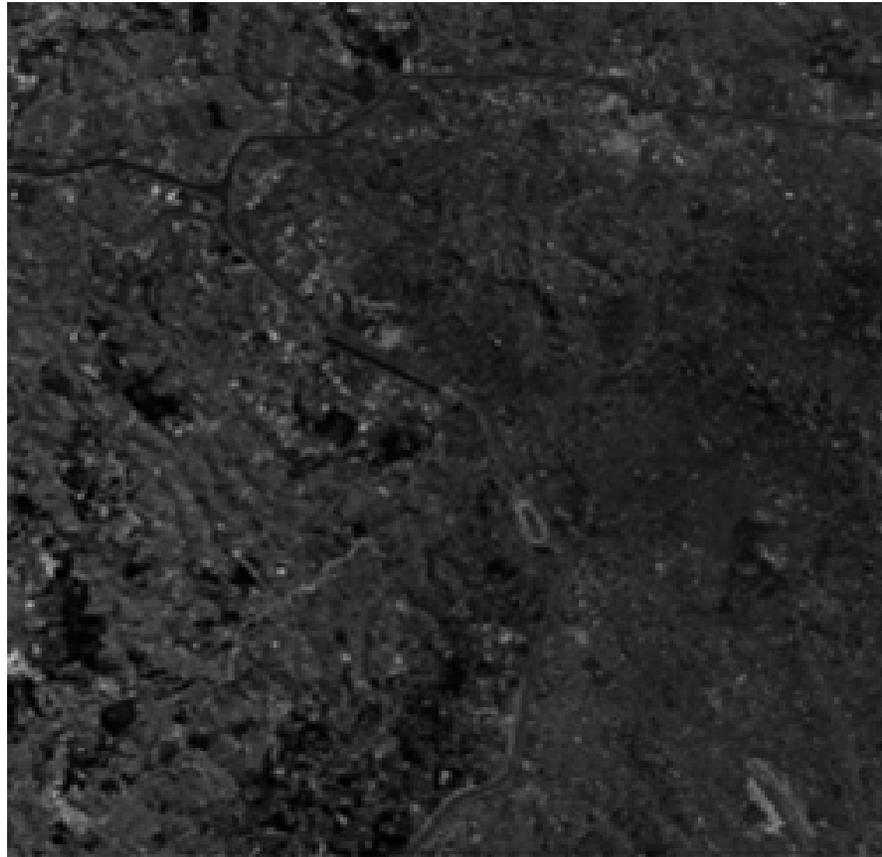
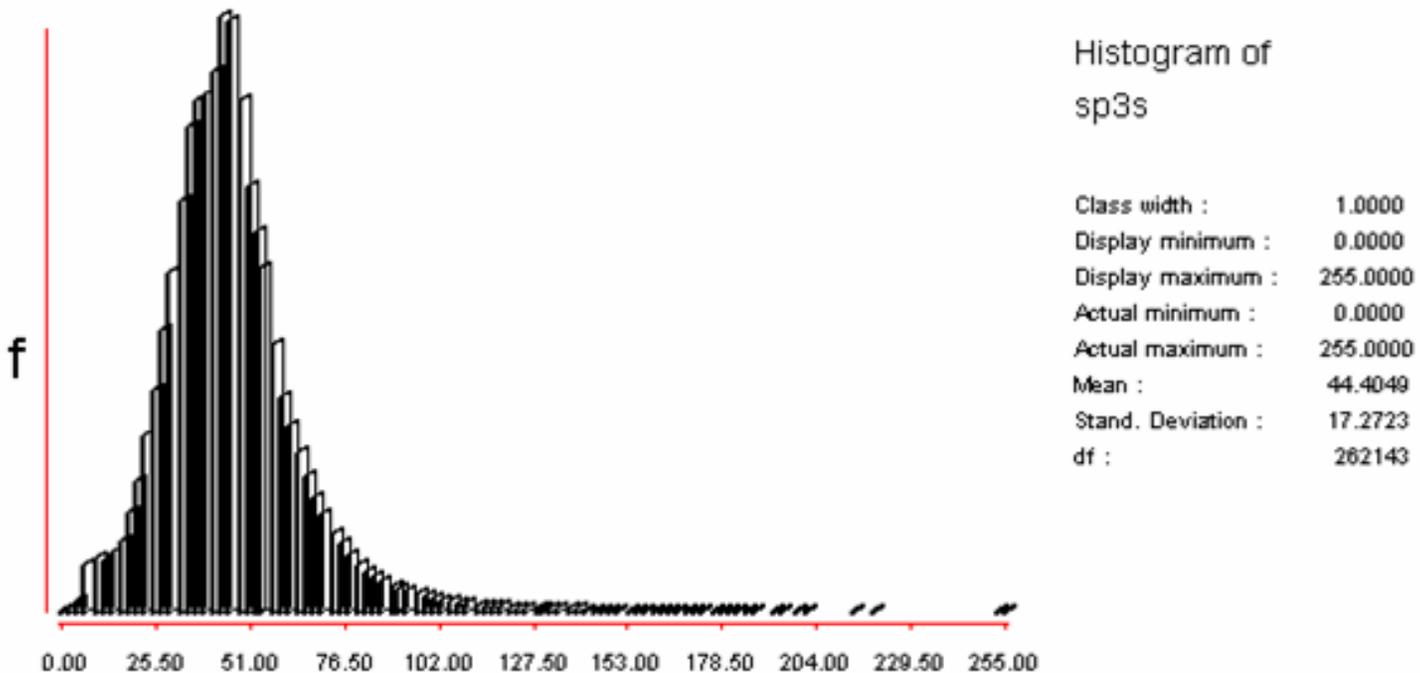


Imagem TM Banda 3

Histograma do Realce Linear



REALCE

- Manipulação de Contraste
 - Modificação de Histogramas
 - Realce linear com saturação

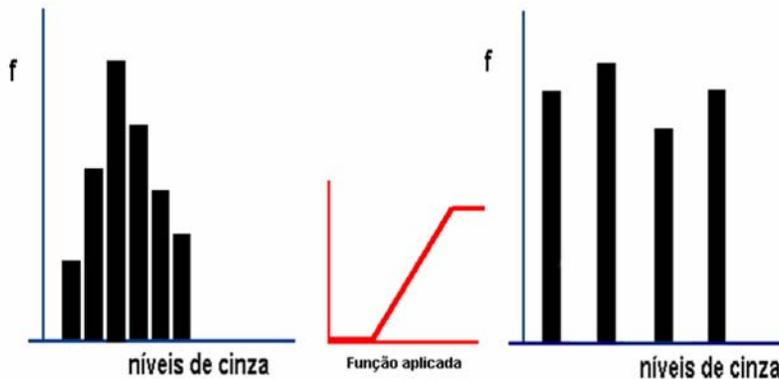


Imagem TM Banda 3

Realce Linear com saturação

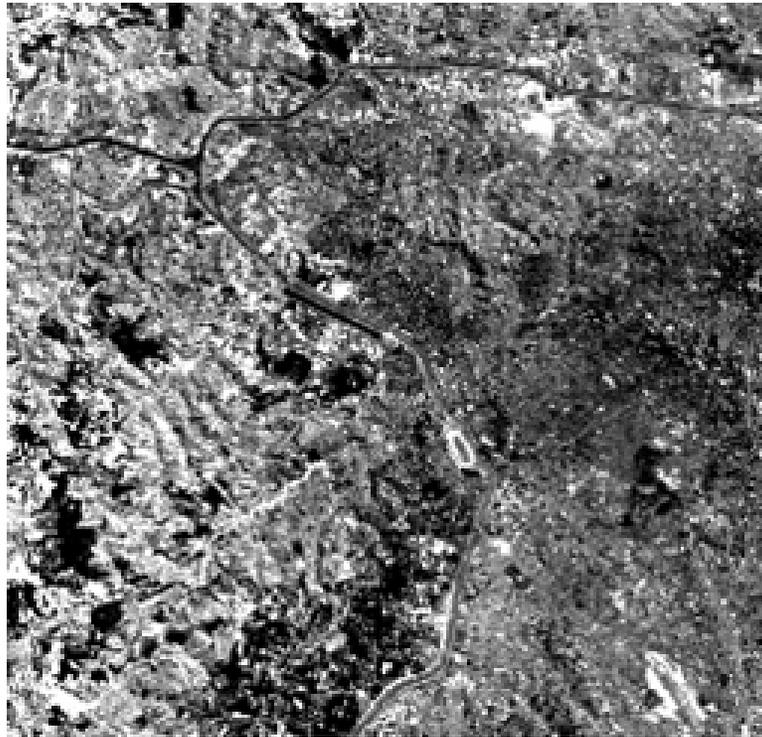
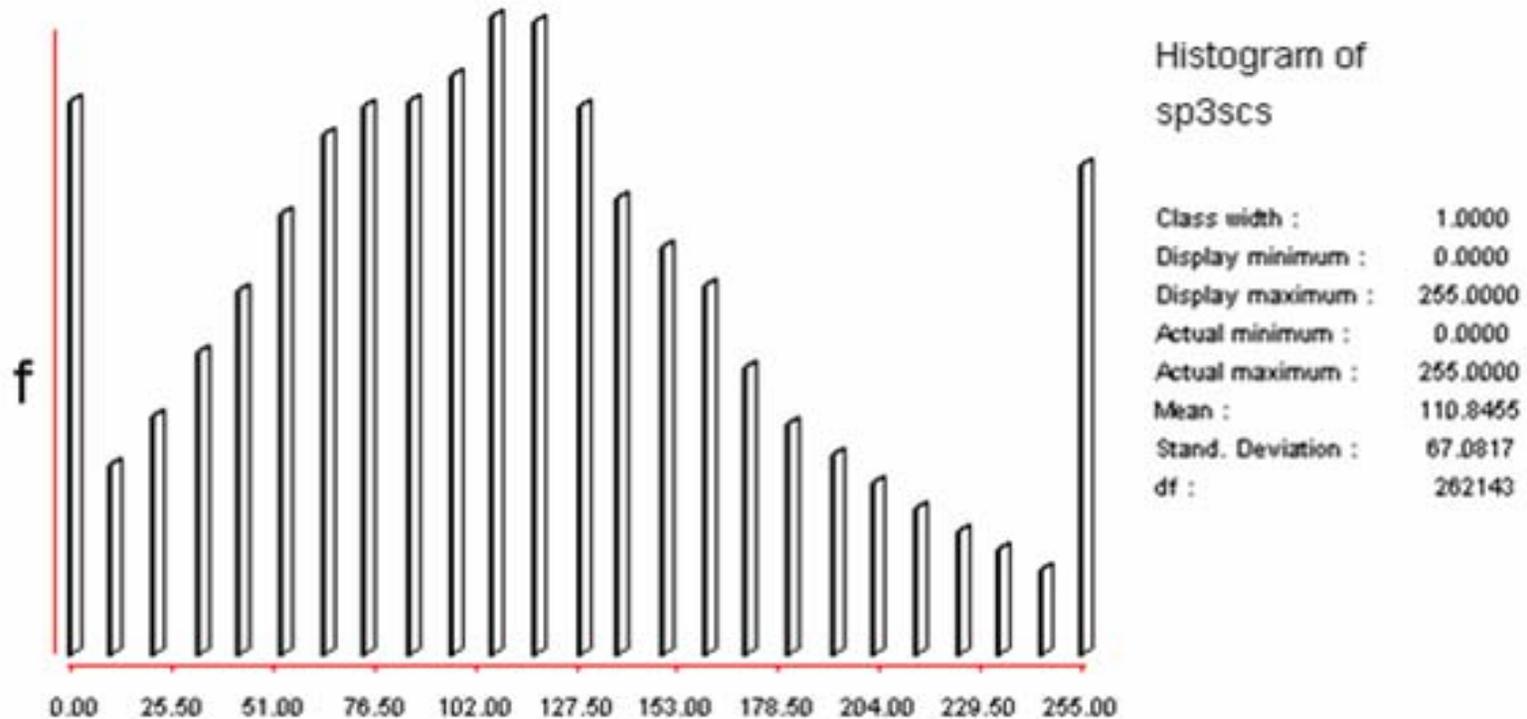


Imagem TM BANDA 3 - Histograma

Realce linear com saturação



REALCE

- Manipulação de Contraste

- Modificação de Histogramas

- Equalização do Histograma

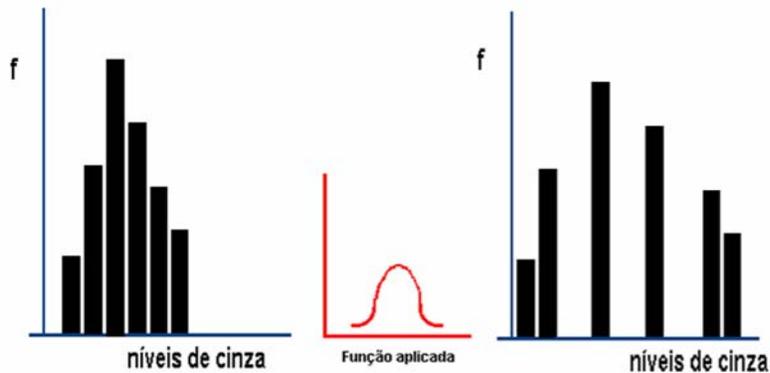


Imagem TM Banda 4 - Original

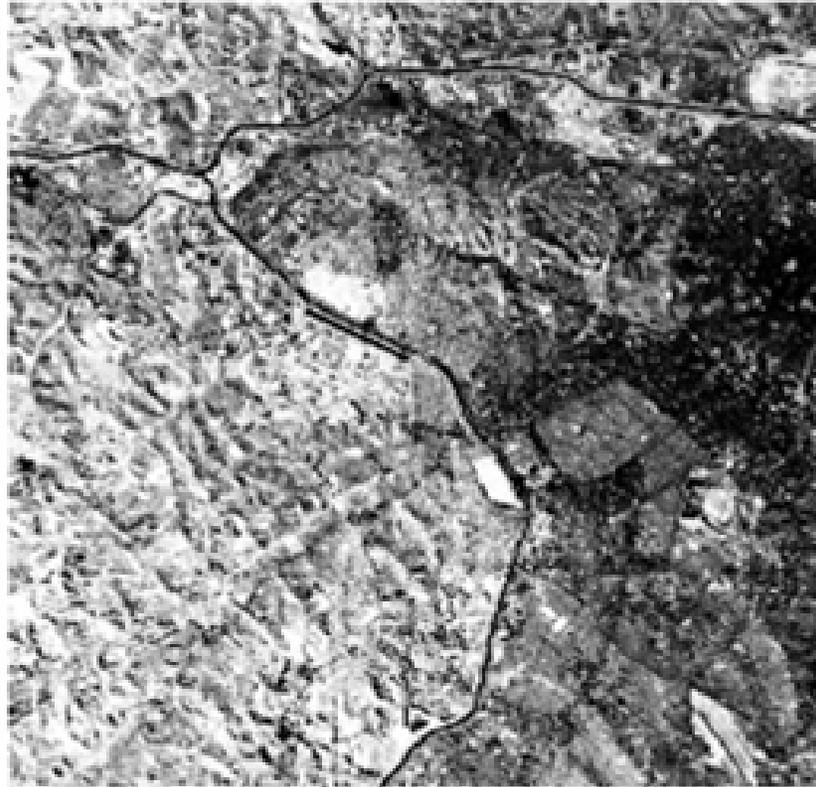
TM - Banda 4



BANDA 4

Equalização do Histograma

Equalização do histograma



REALCE

- Manipulação de Contraste
 - Modificação de Histograma
 - Fatiamento

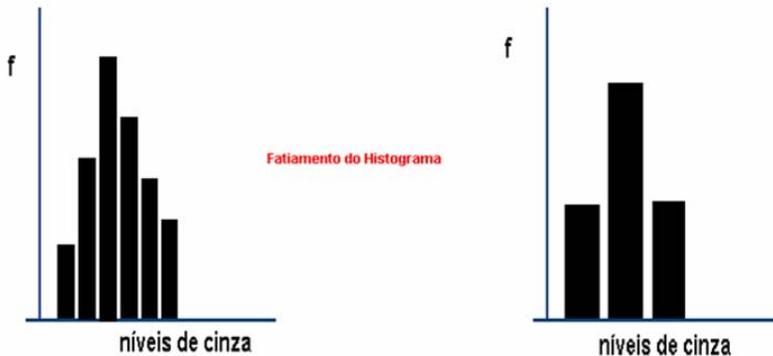
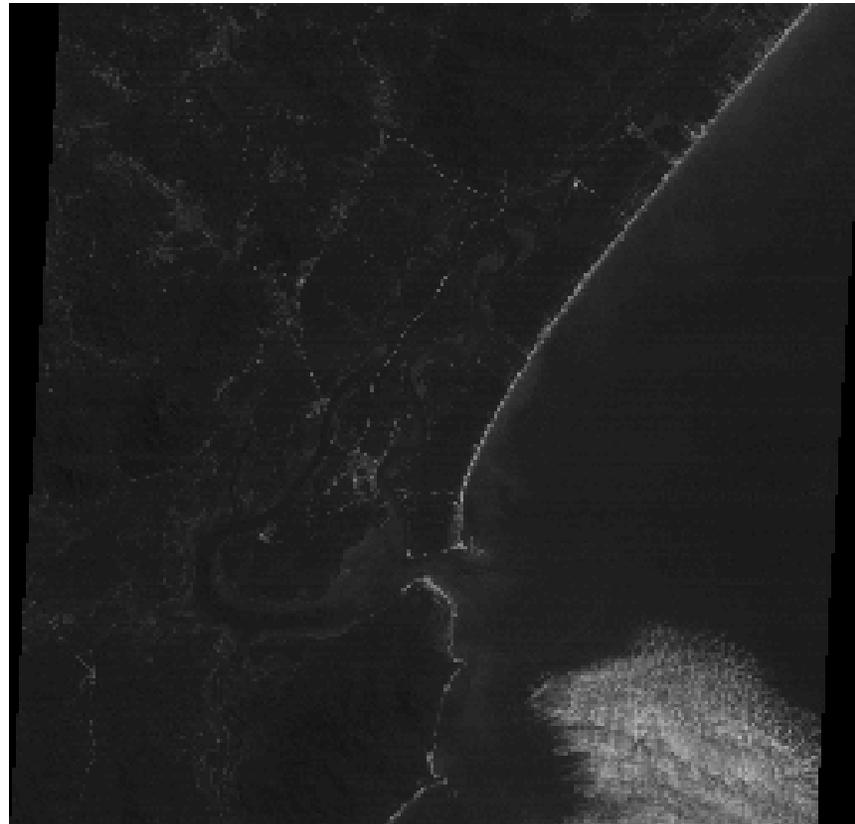


Imagem TM Banda 3 - Original



Realce

- Realce Espectral
 - Reflete relações entre imagens
 - Atenua efeitos atmosféricos
 - Permite diferenciação entre alvos
 - Reduz dimensionalidade

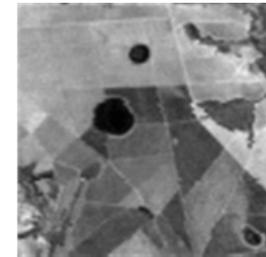
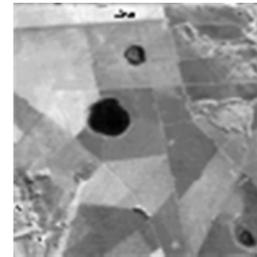
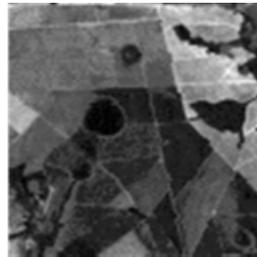
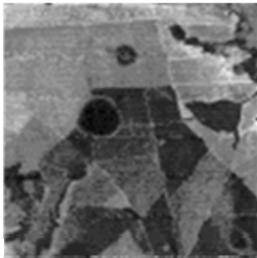
 - Composição colorida
 - RGB
 - IHS

 - Razões (operações aritméticas)

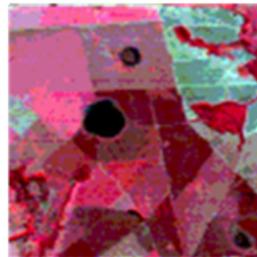
 - Componentes principais

Realce

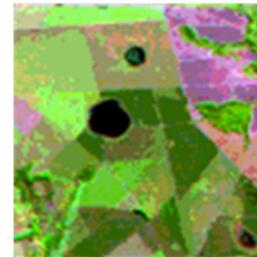
- Realce espectral
 - Composição colorida – 24 bit
 - Banda 2 Banda 3 Banda 4 Banda 5



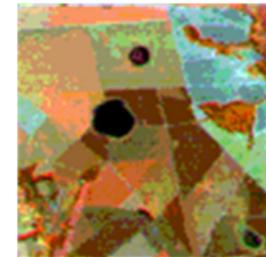
Exemplos de
Composições
coloridas



4R3G2B



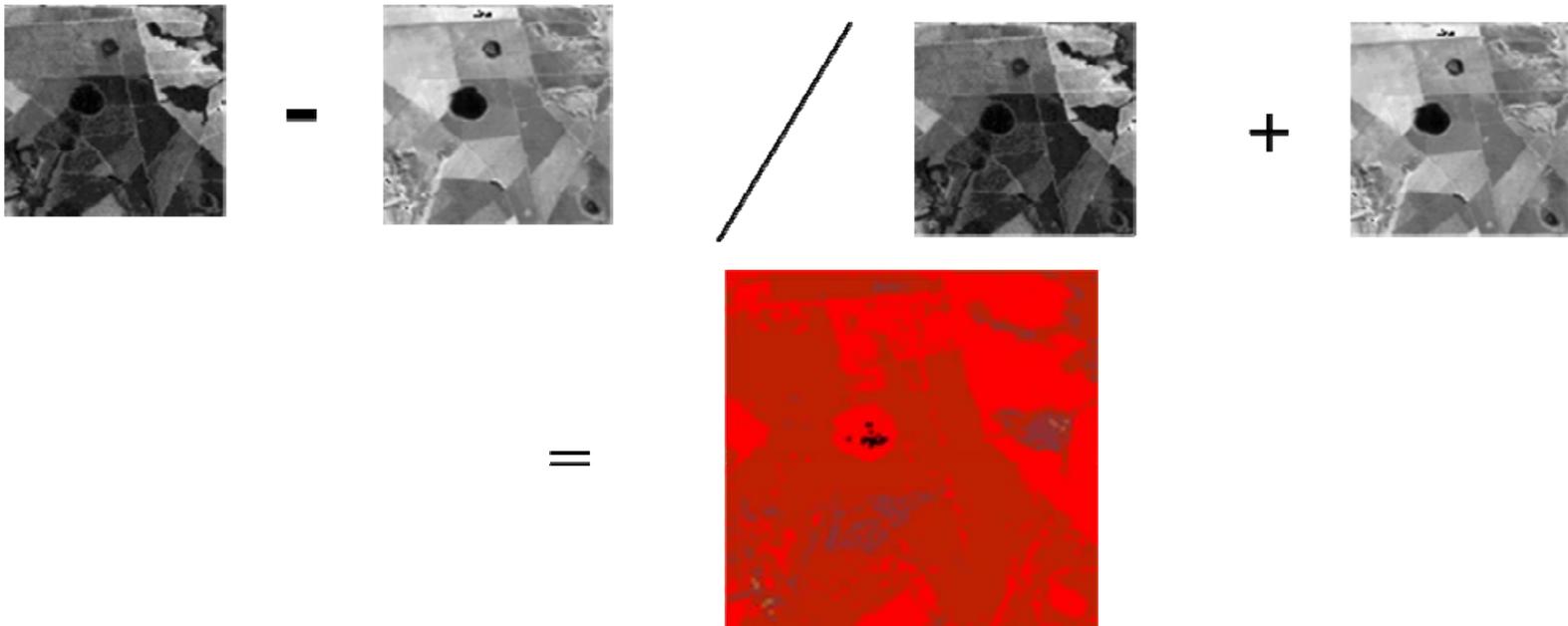
3R4G5B



4R5G3B

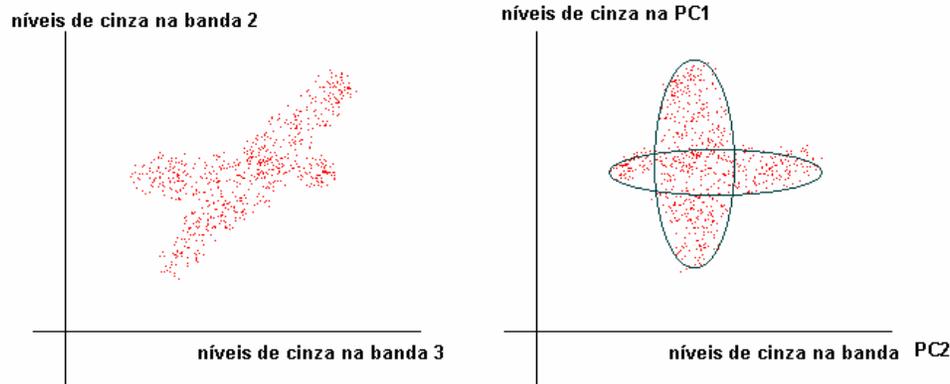
Realce

- Realce espectral
 - Operações aritméticas
 - Índice de Vegetação ($IV-V/IV+V$)



Realce

- Realce espectral
 - Componentes principais:
combinação linear das imagens originais
 - Eliminar redundância
 - Reduzir dimensionalidade
 - Melhorar discriminação entre alvos
 - Imagens ordenadas e independentes



Análise de componentes principais - ACP

- - Objetivos

- . Entender a estrutura dos dados/
correlação
- . Reduzir a dimensionalidade do problema
condensando a informação contida nas variáveis
originais num conjunto menor de componentes,
com perda conhecida de informação

Análise de componentes principais - ACP

- - Técnica para obtenção das componentes principais:
 - . Extração dos autovalores e autovetores da matriz de variância-covariância das variáveis ou da matriz de correlações
 - . Variáveis ou indivíduos (modo R ou modo Q)?

Análise de componentes principais - ACP

- - via ACP, um grande número de variáveis pode ser reduzido a um conjunto menor de variáveis-resumo ou em outro conjunto de variáveis;
- - matematicamente, a ACP mostra a estrutura básica da matriz de dados, através da fatoração da matriz de produtos cruzados:
- correlação (dados padronizados)
- covariância
- “bruta”

Análise de componentes principais - ACP

- - decomposição do valor singular/teorema espectral: processo pelo qual uma matriz é decomposta na sua “estrutura básica”. A estrutura básica de dados padronizados por coluna (Z_c) é:
 - $Z_c = UdV^t$
 - onde: U “resume” a informação das colunas de Z;
 - V “resume” a informação das linhas de Z;
 - d matriz diagonal (quadrada) que contém os valores singulares de U e V.

Análise de componentes principais - ACP

- a ACP decompõe uma matriz quadrada e simétrica de produtos cruzados. Por exemplo, a de correlação R :
 - $R = (Z_c^t Z_c) / (n-1) = V D V^t$
 - onde: V = conjunto de vetores característicos (autovetores) de R ;
 - D = conjunto de valores característicos ou singulares de R , associado a cada vetor-coluna de V (autovalores).

Análise de componentes principais - ACP

- - a ACP para redução da dimensionalidade dos dados: o objetivo não é explicar a correlação entre variáveis, mas manter a maior quantidade possível da variância do conjunto de dados;
-
- - equação característica: $RV = \lambda V$;
- solução: $\det (R - I\lambda) = 0$.

Análise de componentes principais - ACP

- No caso bivariado:

$$\det \begin{vmatrix} 1 - \lambda & r_{12} \\ r_{21} & 1 - \lambda \end{vmatrix} = 0.$$

$$\begin{vmatrix} 1 - \lambda & r_{12} \\ r_{21} & 1 - \lambda \end{vmatrix}$$

$$\lambda_1 = 1 + r_{12} \quad \text{e} \quad \lambda_2 = 1 - r_{12}$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 2.$$

Proporção explicada por uma determinada componente = λ_i/m , onde $m = \#$ de variáveis;

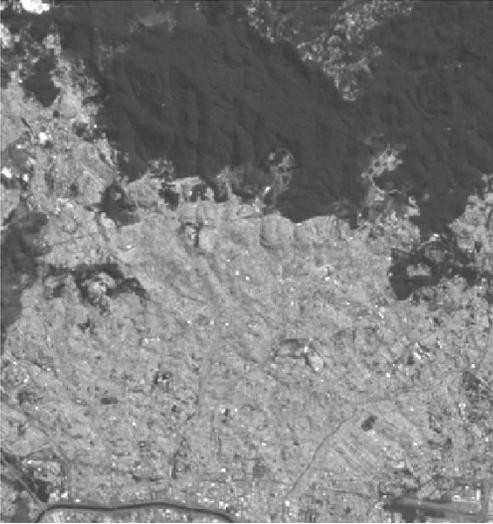
Análise de componentes principais - ACP

- - Para encontrar o correspondente autovetor, há a restrição (adicional e arbitrária) de que seus comprimentos são iguais a 1 (um);
- As cargas dos CP são obtidas multiplicando o autovetor pela raiz quadrada do respectivo autovalor (que reflete a quantidade de variância explicada pelo autovetor)

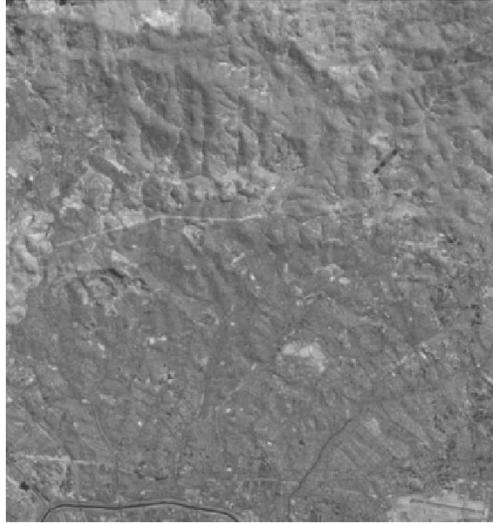
Análise de componentes principais - ACP

- - Propriedades das componentes principais:
 - . Componentes ordenados pela porcentagem da variância explicada
 - . Soma dos componentes é igual ao traço da matriz sobre a qual são calculados

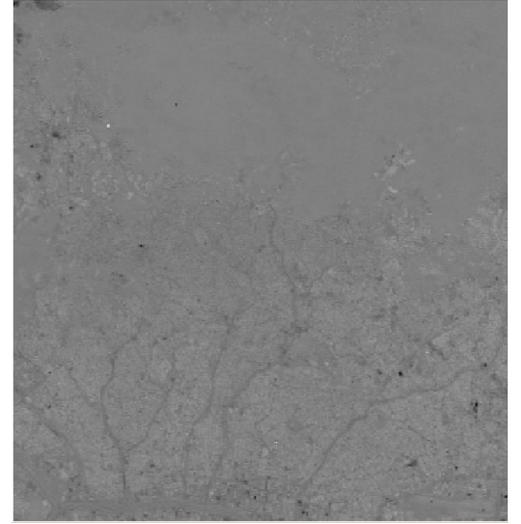
Componentes Principais



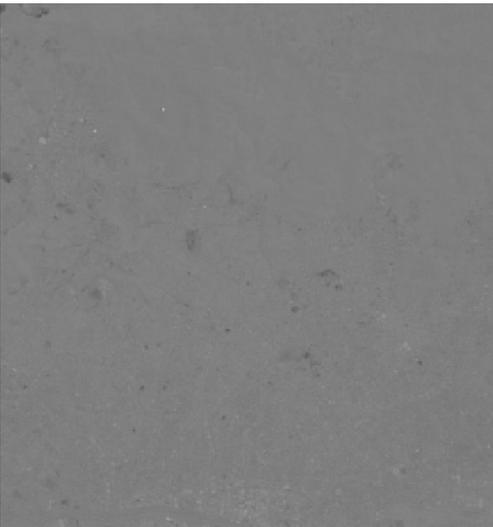
CP1



CP2



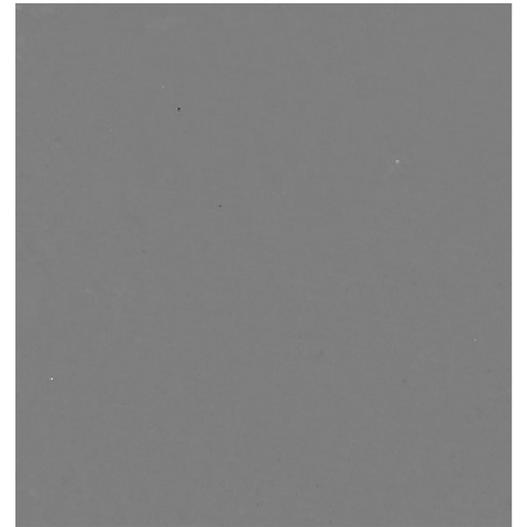
CP3



CP4

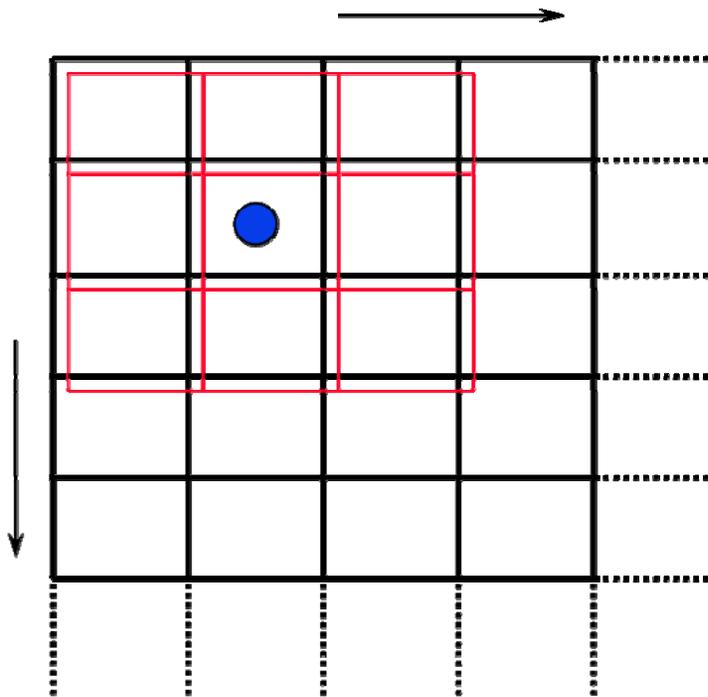


CP5



CP6

Realce



- Realce espacial
 - Filtragem
 - Passa alta
 - Passa baixa
 - Direcionais

Realce

- Filtragens digitais:
 - Conceito de frequência espacial
 - Objetivos: realçar características presentes nas imagens (transições bruscas e suaves)
 - Passa alta: realça bordas
 - Passa baixa: realça grandes estruturas

Aplicação de filtros

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

$$= 1/9 (36 + 42 + 32 + 25 + 28 + 27 + 27 + 29 + 28) = 30$$

45	42	41	45	42	41
32	36	42	32	36	42
27	25	28	27	25	28
28	27	29	28	27	29
29	26	28	29	26	28
31	30	34	31	30	34
32	29	32	32	29	32
33	32	38	33	32	38



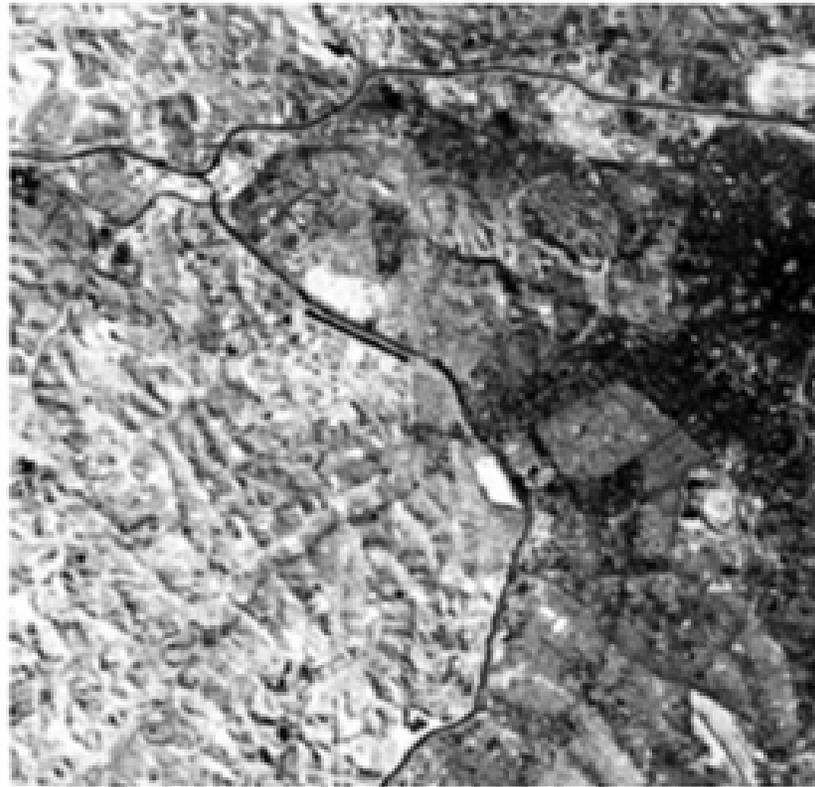
		30			

Imagem de entrada

Imagem de saída

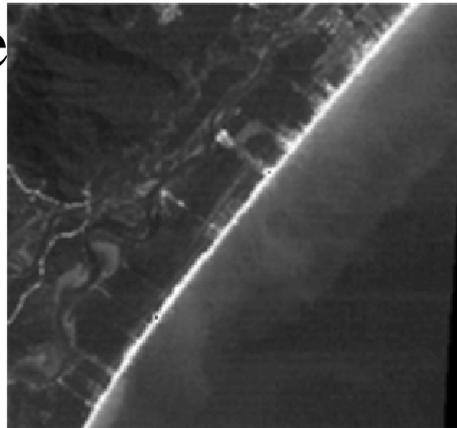
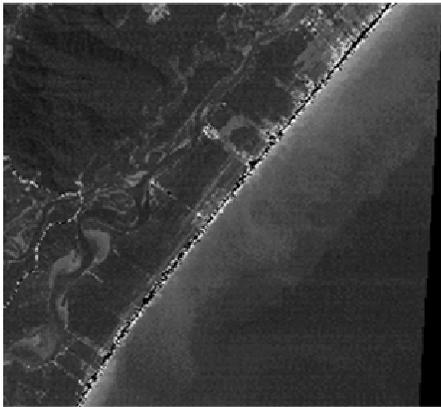
Imagem TM Banda 4 - Filtrada

Filtragem de média



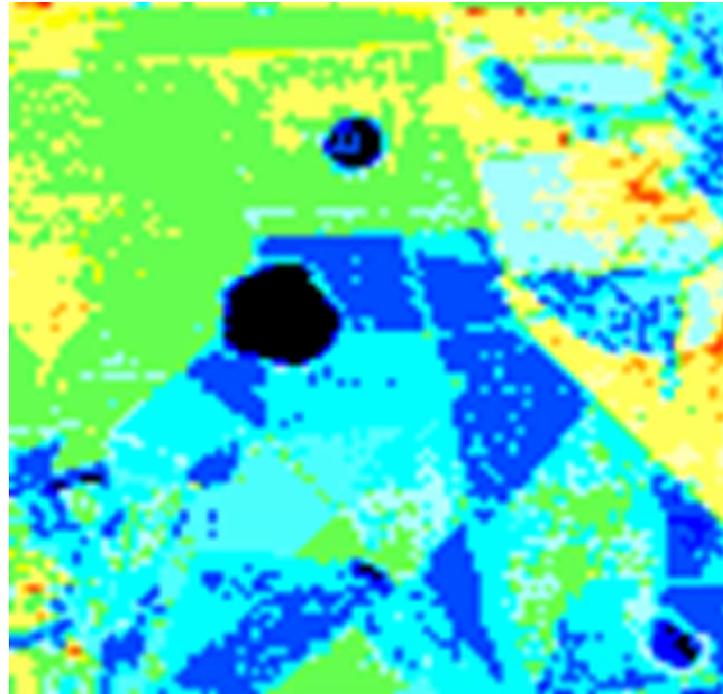
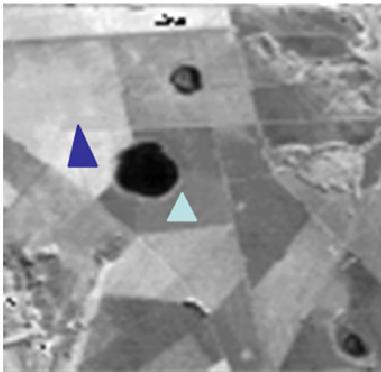
Realce

- Realce Espacial
 - Filtragens
 - Filtro passa-baixa
 - Filtro passa-alta

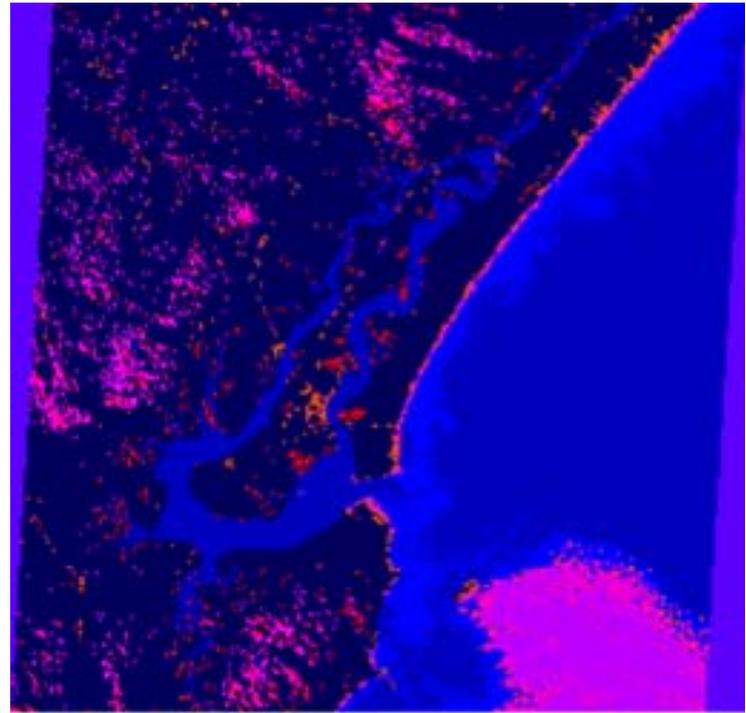
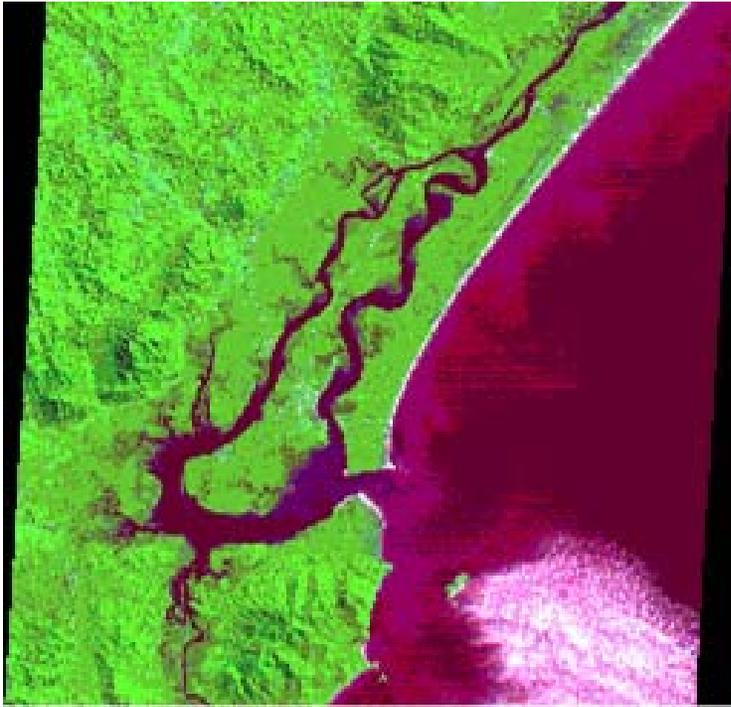


Classificação

- Classificação Supervisionada



Classificação não-supervisionada



Processamento Digital de Imagens

- Limitações do Processamento Digital
 - Interpretação Visual de Dados
 - elementos de interpretação
 - tom ou cor
 - textura
 - forma
 - tamanho
 - associação, contexto, sombra, ...
 - Processamento Digital de Imagens
 - tom (valor do nível digital)

SENSORIAMENTO REMOTO

[SR]:

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

16/6/09

Obs (Vídeo): Tráfego aéreo mundial

PROCESSAMENTO DE IMAGENS: propósitos

1. Melhorar a qualidade geométrica e radiométrica dos dados brutos
2. Melhorar a aparência visual das imagens
 - Para facilitar a interpretação visual
 - Realçando as feições de interesse
3. Automatizar os procedimentos de extração de informações
 - Para permitir o rápido tratamento de grandes volumes de dados
4. Permitir a integração dos dados de diferentes fontes
5. Facilitar o desenvolvimento de modelos e a geração de produtos que representem a grandeza

PROCESSAMENTO DE IMAGENS

- Métodos de Análise de dados de SR – dois grandes conjuntos:

(Extração de Informações de Imagens)

– **Interpretação Visual**

– Processamento Digital

Processamento Digital de Imagens

- Limitações do Processamento Digital
 - Interpretação Visual de Dados
 - elementos de interpretação
 - Tonalidade ou cor
 - Textura
 - Forma
 - Sombra
 - Associação, contexto, ...
 - Processamento Digital de Imagens
 - Tonalidade (valor do nível digital)

PROCESSAMENTO DE IMAGENS

- Métodos de Análise de dados de SR – dois grandes conjuntos:
(Extração de Informações de Imagens)
 - Interpretação Visual
 - **Processamento Digital**

IMAGENS DIGITAIS: características (1)

- Representação bidimensional da energia refletida ou emitida por uma cena
- Mundo real => discretização (amostragem)
=> quantização (atribuição de valores inteiros)

IMAGENS DIGITAIS: características (2)

- O histograma de uma imagem pode mostrar se a cena tem baixa radiância, ou seja, há maior frequência de níveis digitais baixos
- O histograma de uma cena pode indicar se a imagem apresenta alto ou baixo contraste

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS: etapas independentes

➤ Pré-processamento

- Conjunto de técnicas e métodos que permitem a correção dos erros inerentes ao processo de aquisição de dados
- Melhorar o desempenho de algoritmos a serem usados
- Tratamento inicial dos dados brutos, visando:
 - ✓ A calibração radiométrica
 - ✓ A correção de distorções geométricas
 - ✓ Remoção de ruídos

➤ Processamento

- **Realce**
- Classificação

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

➤ Realce

– Radiométrico

- Manipulação de Contraste

– Espectral

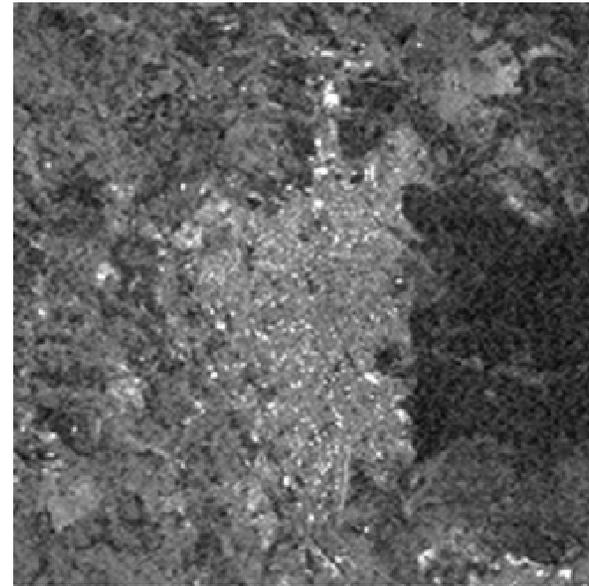
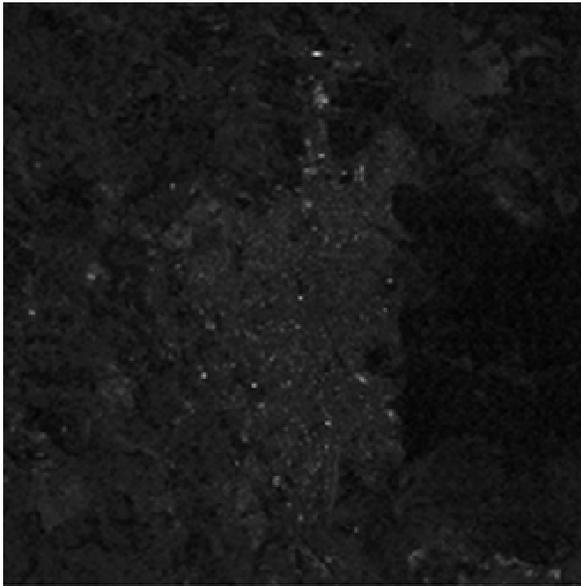
- Composição colorida (RGB e IHS)
- Operações aritméticas
- Componentes principais

– Espacial

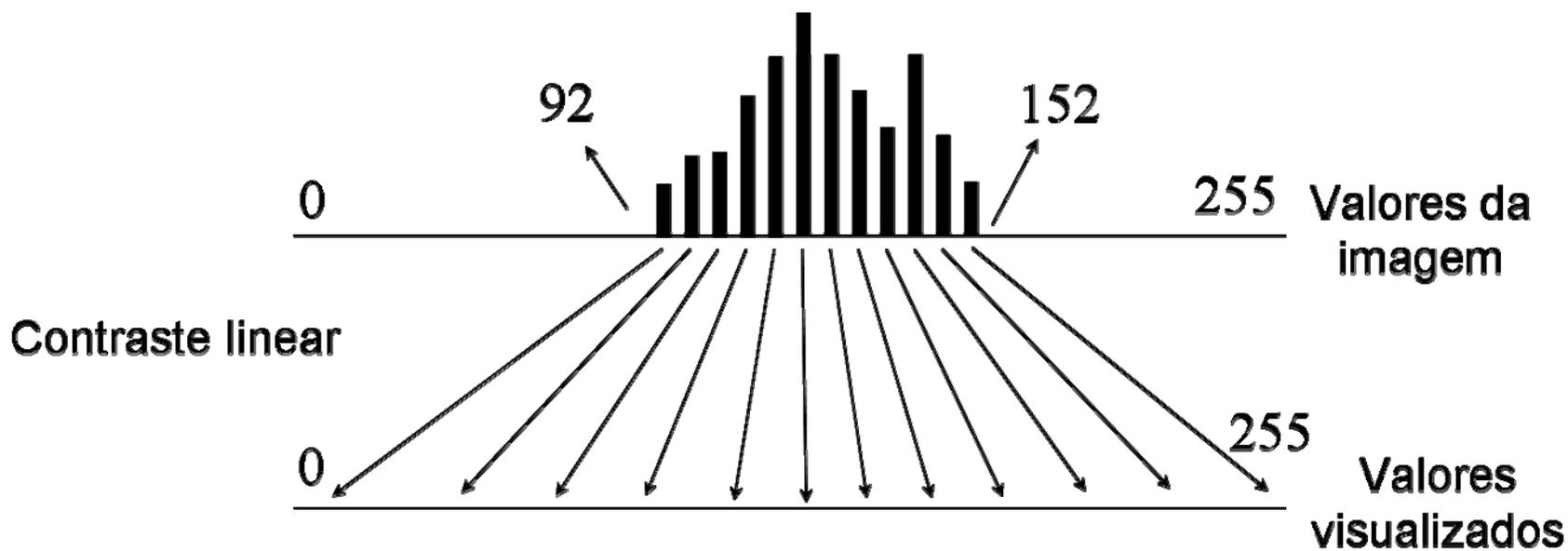
- Filtragens

REALCE Radiométrico

- Manipulação de Contraste
 - Imagem Spot original e com contraste



IMAGENS: Contraste



REALCE Espectral

- Reflete relações entre imagens
- Atenua efeitos atmosféricos
- Permite diferenciação entre alvos
- Reduz dimensionalidade

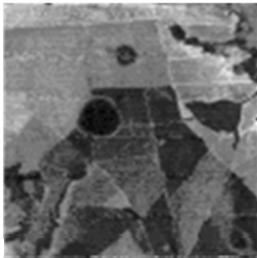
- Composição colorida
 - RGB
 - IHS

- **Operações aritméticas**

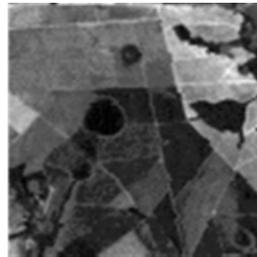
REALCE Espectral

- Composição colorida – 24 bit

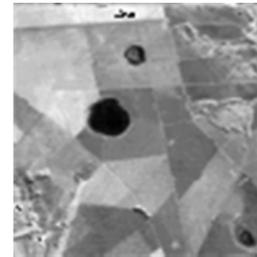
Banda 2



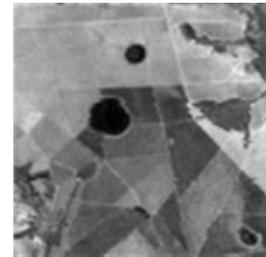
Banda 3



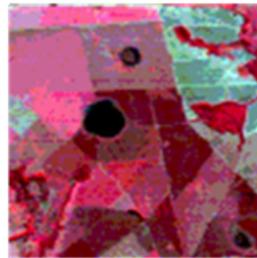
Banda 4



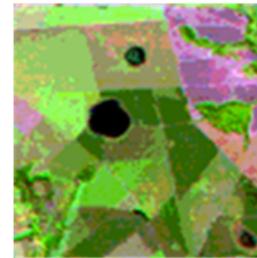
Banda 5



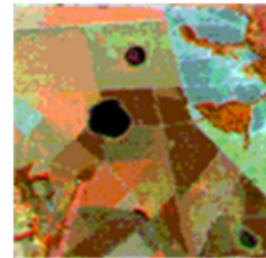
Exemplos de
Composições
coloridas



4R3G2B



3R4G5B

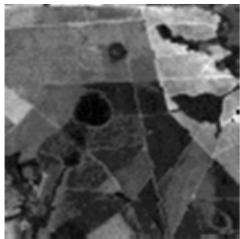


4R5G3B

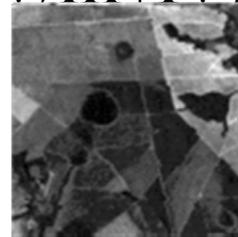
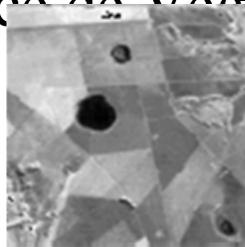
REALCE Espectral

- Operações aritméticas

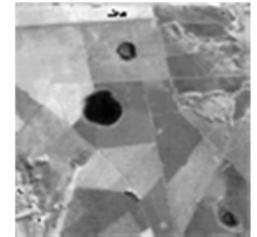
- Índice de Vegetação (III-IV/III+IV)



-



+



=



OPERAÇÕES ARITMÉTICAS (1)

- Visam:
 - Redução da dimensionalidade dos dados
 - Obtida através das técnicas de compressão
 - **Realce das similaridades: adição e multiplicação**
 - **Realce das diferenças: subtração e divisão**

- **Adição:**
 - **Redefinir uma nova banda**
 - Ex.: sintetizar toda a informação das bandas situadas nos intervalos do azul, verde e vermelho do EE por uma única banda
 - **Combinar imagens originais com imagens**

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS (2)

➤ Subtração

- **Imagens de diferentes datas:** utilizadas para detecção de alterações ocorridas na superfície da terra, tais como:
 - Desmatamento
 - Mudanças no uso do solo
 - Expansão de áreas urbanas ou agrícolas
 - Diferenças sazonais na vegetação
- **Bandas de Imagens da mesma data:** usada para a identificação de diferenças com base no comportamento espectral dos materiais:
 - Ex.: em estudos de vegetação e meio ambiente, a subtração do canal 7 (0.8-1.1 μ m) pelo canal 5 (0.6-0.7 μ m) do LANDSAT/MSS ([Sistema de Varredura Multiespectral](#)) poderá realçar diferenças na cobertura vegetal

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS (3)

➤ **Razão Espectral (*ratio*)**

- O resultado é uma imagem que melhor reflete as verdadeiras características da superfície
- Vantagem (ex.):
 - Ressaltar a reflectância espectral de determinados alvos
 - Ex.: para ressaltar corpos de água, uma banda do visível, onde a reflectância da água é maior, seria dividida pela banda do infravermelho, onde a reflectância da água é menor

➤ **Multiplicação (1)**

- Realça as feições comuns às bandas que são multiplicadas
 - Ex.: como geralmente as zonas de sombras são comuns a todas as bandas, deduz-se que essa operação realça as feições morfológicas, sendo útil para a geologia estrutural, cartografia e geomorfologia

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS (4)

➤ **Multiplicação (2)**

- Pode ser usada para combinar a primeira componente principal (PC1) [componente acromática], o qual contém a maior parte da informação morfológica (textural), com as componentes PC2, PC3 e PC4 [componentes cromáticas], que possuem informações predominantemente tonais
- Ao se combinar essas quatro imagens, através da multiplicação da PC1 pelas outras três, obtém-se uma imagem de quatro dimensões:
 - Uma dimensão textural (com informações morfológicas)
 - E três dimensões tonais

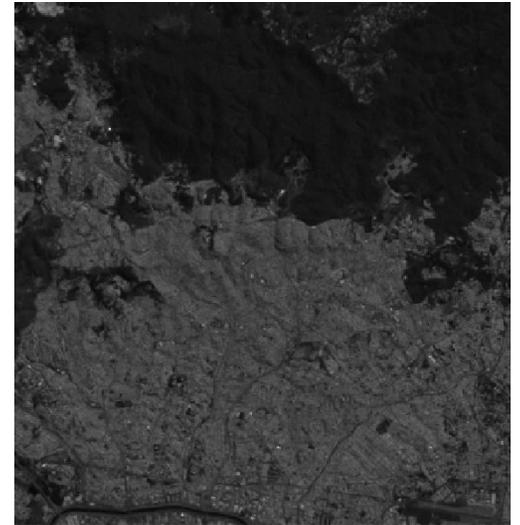
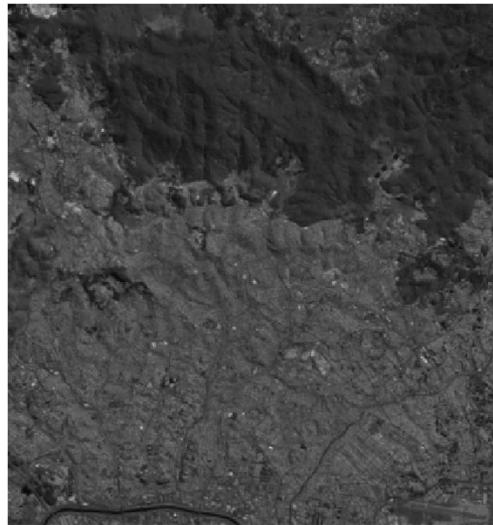
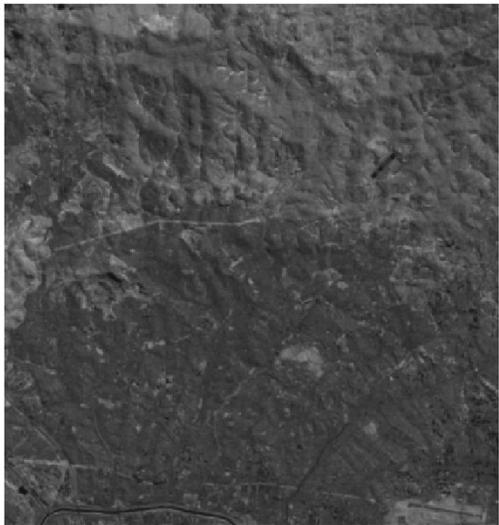
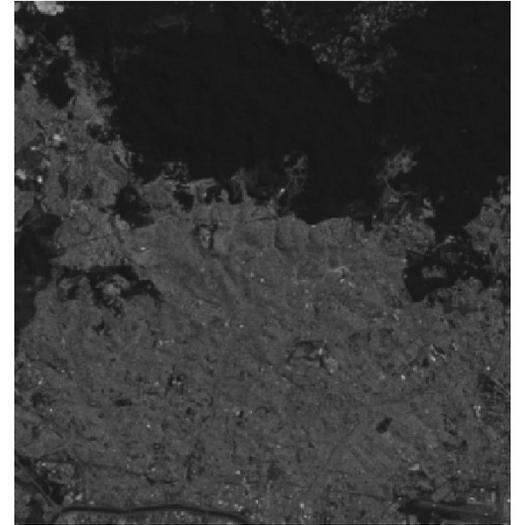
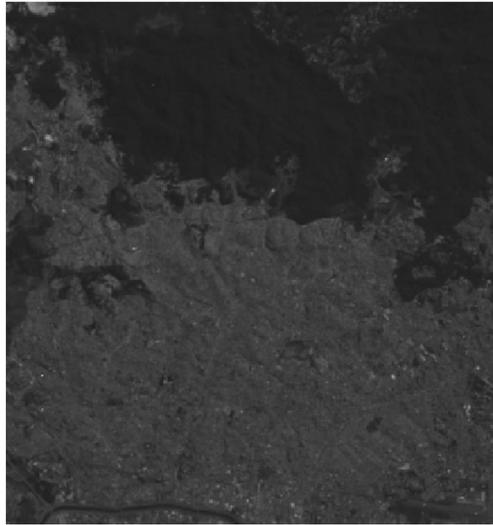
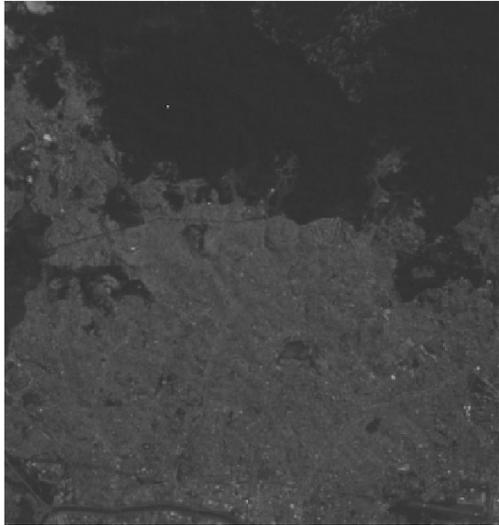
REALCE Espectral

- Reflete relações entre imagens
- Atenua efeitos atmosféricos
- Permite diferenciação entre alvos
- Reduz dimensionalidade

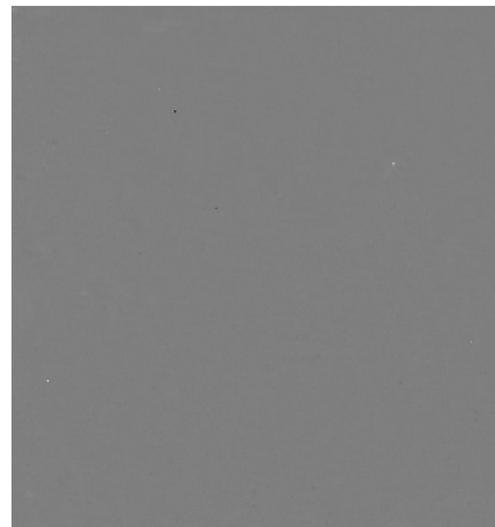
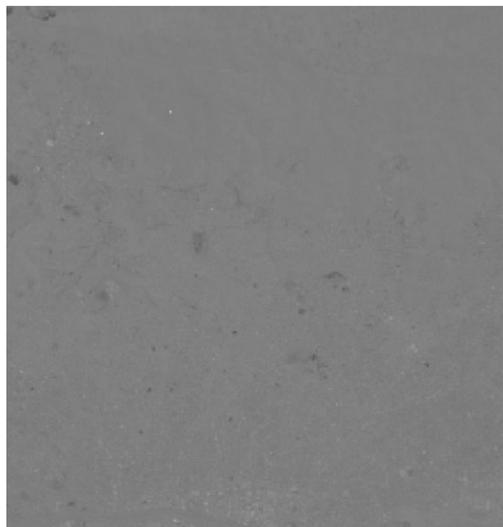
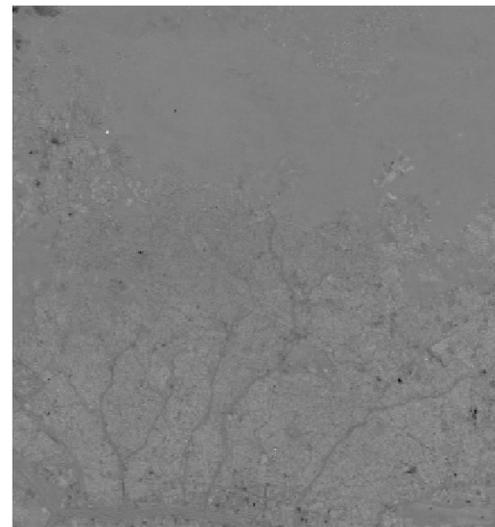
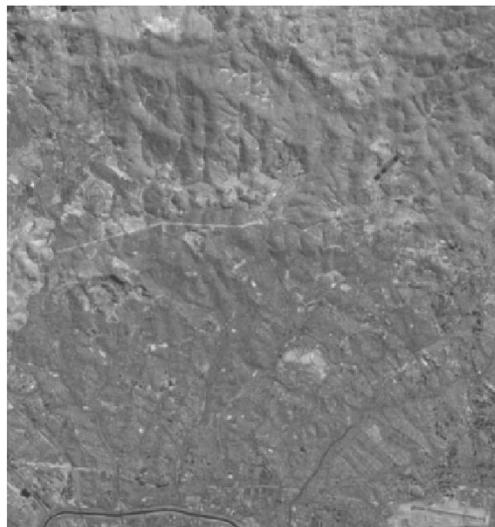
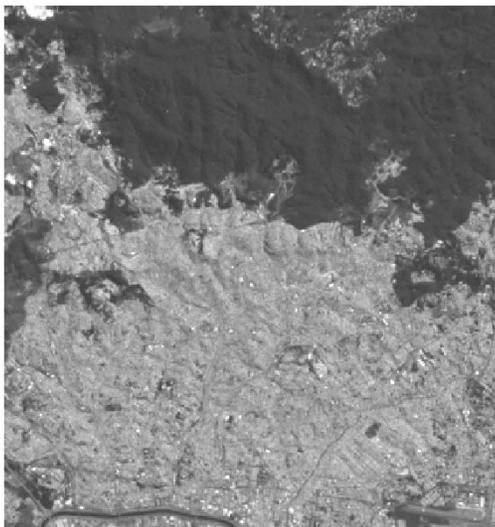
- Composição colorida
 - RGB
 - IHS

- Operações aritméticas

Cabuçu de Baixo – SP 6 bandas originais do LANDSAT 7



Componentes Principais (PC) das 6 bandas do LANDSAT 7, região do Cabuçu de Baixo.



Análise de componentes principais – ACP (1)

Objetivos

- Entender a estrutura dos dados/correlação
- Reduzir a dimensionalidade do problema, condensando a informação contida nas variáveis originais num conjunto menor de componentes, com perda conhecida de informação

Análise de componentes principais – ACP (2)

- A transformação dos canais originais em um conjunto de componentes principais é feita a partir do cálculo da matriz de variância-covariância ou matriz de correlação entre bandas
- Essa matriz permite gerar novos canais, tal que o valor de cada nível digital é a combinação linear dos valores de todas as bandas que contribuirão para aquele eixo
- O número de componentes principais é igual ao número de bandas

Análise de componentes principais – ACP (3)

- Variância
 - É uma medida de dispersão que expressa a variabilidade dos dados em torno da média
 - Quanto maior a variância, maior será o espalhamento e portanto maior o contraste da imagem
- Covariância
 - É a variação conjunta de duas ou mais variáveis em torno da média
 - Variáveis diretamente relacionadas apresentam

Análise de componentes principais – ACP (4)

- Correlação
 - O grau de inter-relação entre variáveis é geralmente expresso pelo **coeficiente de correlação (R)**
 - Indica a o grau de associação estatística entre as variáveis expressas no intervalo -1 .. 1
 - É dada pela razão da covariância pelo produto dos desvios padrões das variáveis
 - É uma standardização da covariância
- Causas da existência de correlação
 - Bandas que apresentam respostas espectrais

Análise de componentes principais – ACP (5): Exemplo

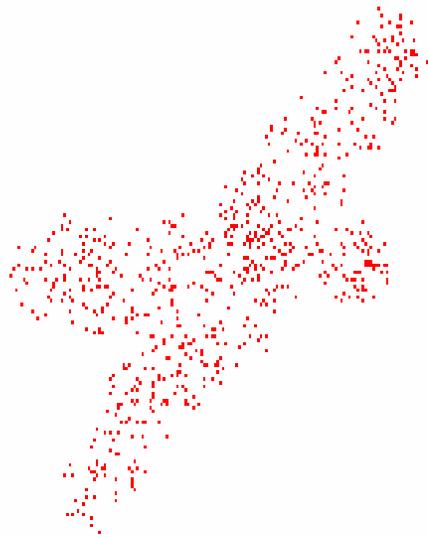
Correlation	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	1	0,92	0,89	0,87	0,85	0,82	0,77
B2	0,92	1	0,99	0,97	0,96	0,93	0,88
B3	0,89	0,99	1	0,99	0,98	0,96	0,92
B4	0,87	0,97	0,99	1	1	0,98	0,95
B5	0,85	0,96	0,98	1	1	0,99	0,97
B6	0,82	0,93	0,96	0,98	0,99	1	0,99
B7	0,77	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	1

Análise de componentes principais – ACP (6)

- A principal função da ACP é determinar a extensão da correlação e removê-la
- O método para melhorar a separação dos dados é o da redistribuição, segundo um outro conjunto de eixos no espaço multidimensional, que maximiza a separação dos dados
- É uma técnica estatística que rotaciona os eixos de uma imagem no espaço multidimensional, na direção dos eixos de maior variância
- Esses eixos vão definir, no espaço

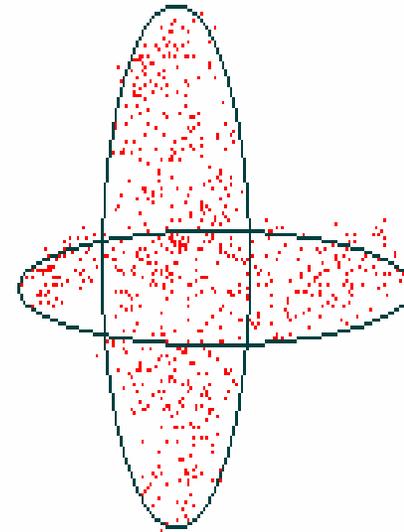
Análise de componentes principais — ACP (7)

níveis de cinza na banda 2



níveis de cinza na banda 3

níveis de cinza na PC1



níveis de cinza na banda PC2

Análise de componentes principais – ACP (8)

- Técnica para obtenção das componentes principais:
 - Extração dos autovalores e autovetores da matriz de variância-covariância das variáveis ou da matriz de correlações
- Equação característica: $\mathbf{R}\mathbf{V} = \lambda\mathbf{V}$
- Solução: $\det(\mathbf{R} - \mathbf{I}\lambda) = 0$

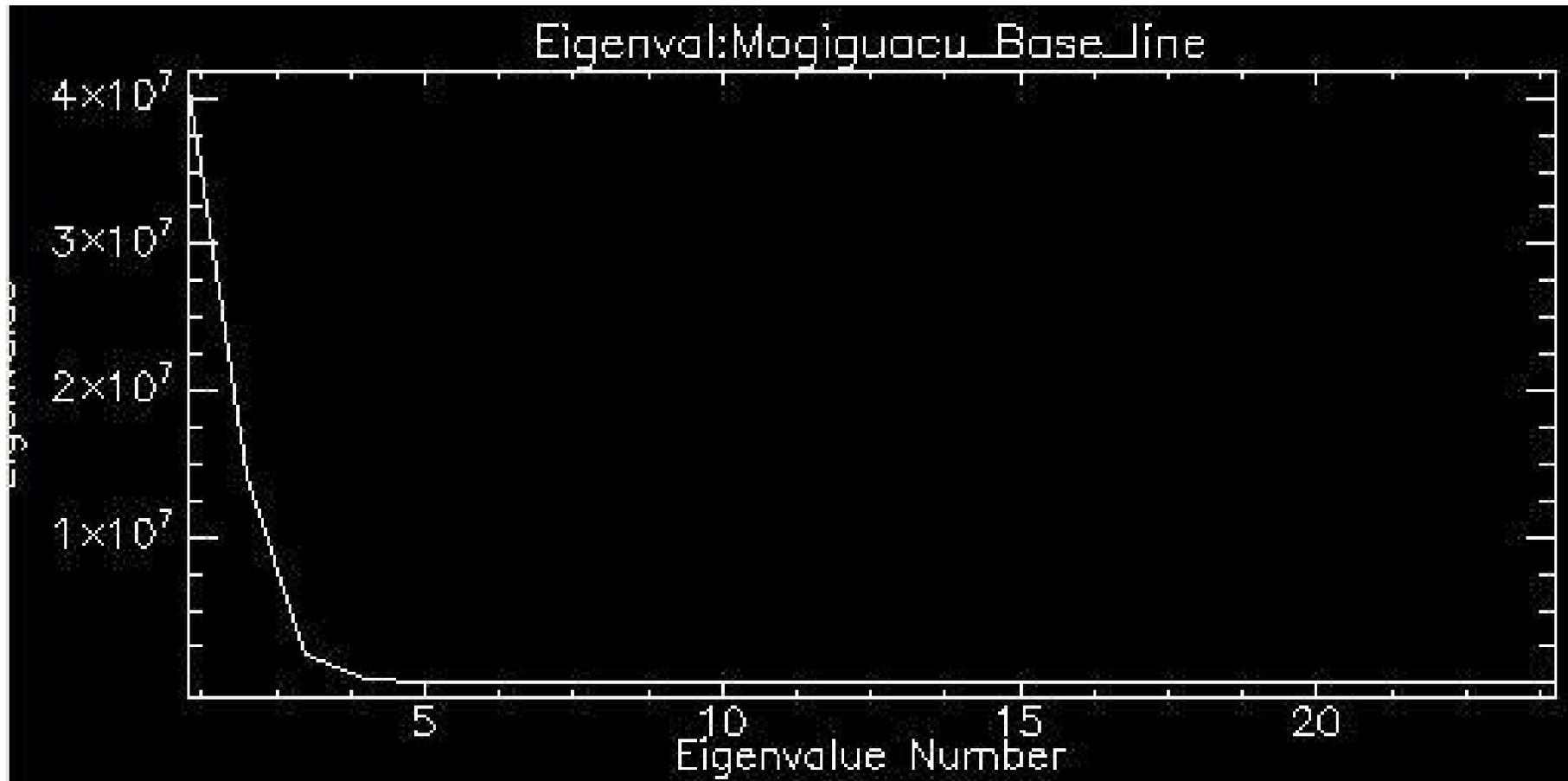
Análise de componentes principais – ACP (9)

- Os autovalores (*eigenvalue*) indicam
 - A contribuição de cada componente em termos da variância total do conjunto de dados
 - Ou, de outra forma, a proporção relativa da variância de toda a cena representada em cada componente
 - Ou ainda, a quantidade de informação contida em cada CP
- Os autovetores (*eigenvectores*) indicam a contribuição de cada banda específica para a formação de uma dada CP

Estatística da imagem com os autovalores:

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev	Num	Eigenvalue	%
Band 1	0	19760	931,52	228,72	1	40898136,68	70,94%
Band 2	0	34548	1669,98	569,1	2	14124849,68	24,50%
Band 3	0	32321	2179,26	842,17	3	2022597,04	3,51%
Band 4	0	27233	2755,22	1136,81	4	343925,64	0,60%
Band 5	0	24447	2859,99	1234,63	5	110353,72	0,19%
Band 6	0	25839	3075,05	1287,41	6	48979,6	0,08%
Band 7	0	24705	3463,47	1413,89	7	30940,14	0,05%

Gráfico dos auto-valores para as 24 bandas:



Atech - CASI 1500: imagem de estudo



Atech - CASI 1500 - PC1



Atech - CASI 1500: PC2



Atech - CASI 1500: PC3



Atech - CASI 1500: PC4



Atech - CASI 1500: PC5



Atech - CASI 1500: PC6



PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS: etapas independentes

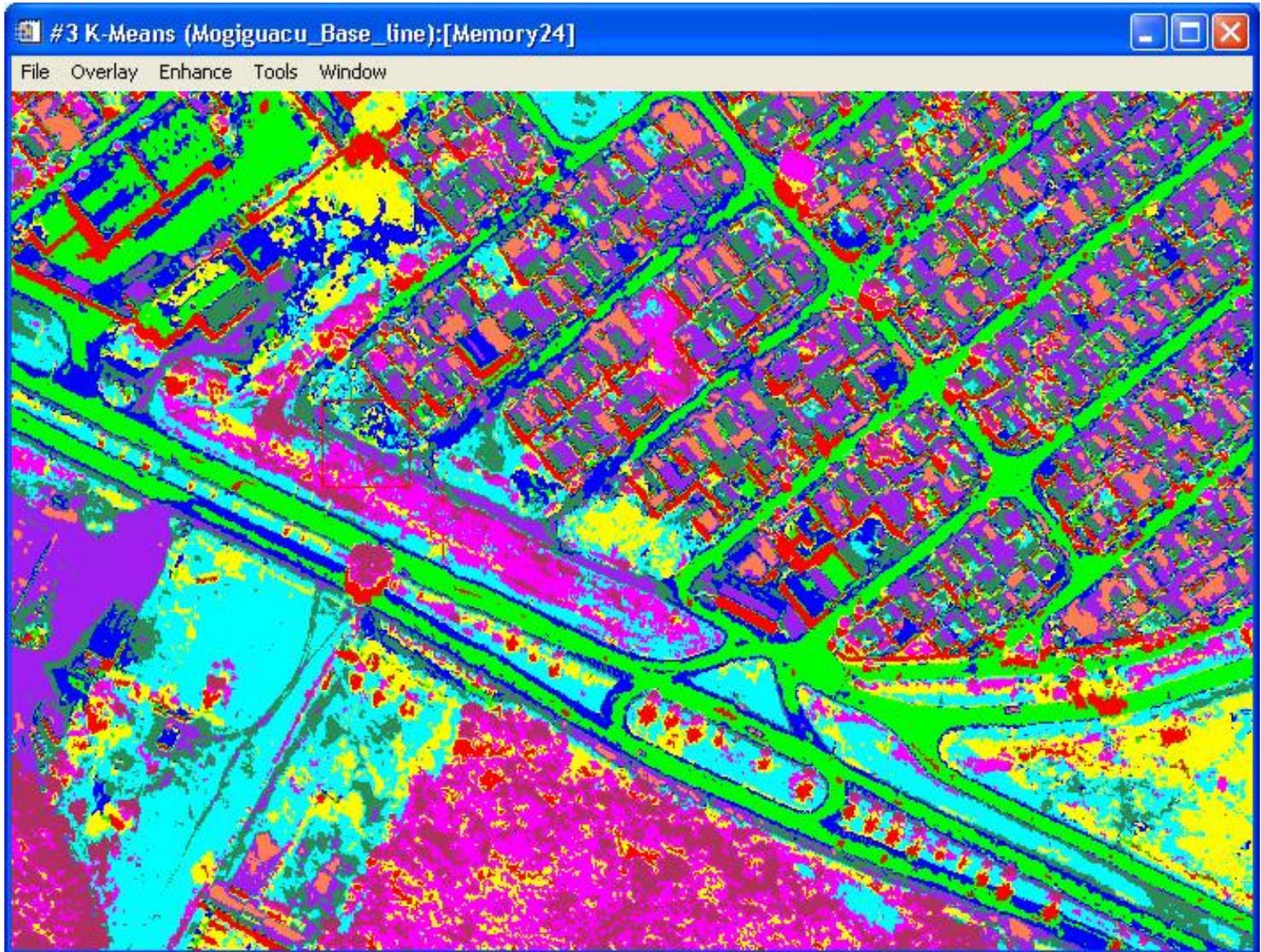
➤ Pré-processamento

- Conjunto de técnicas e métodos que permitem a correção dos erros inerentes ao processo de aquisição de dados
- Melhorar o desempenho de algoritmos a serem usados
- Tratamento inicial dos dados brutos, visando:
 - ✓ A calibração radiométrica
 - ✓ A correção de distorções geométricas
 - ✓ Remoção de ruídos

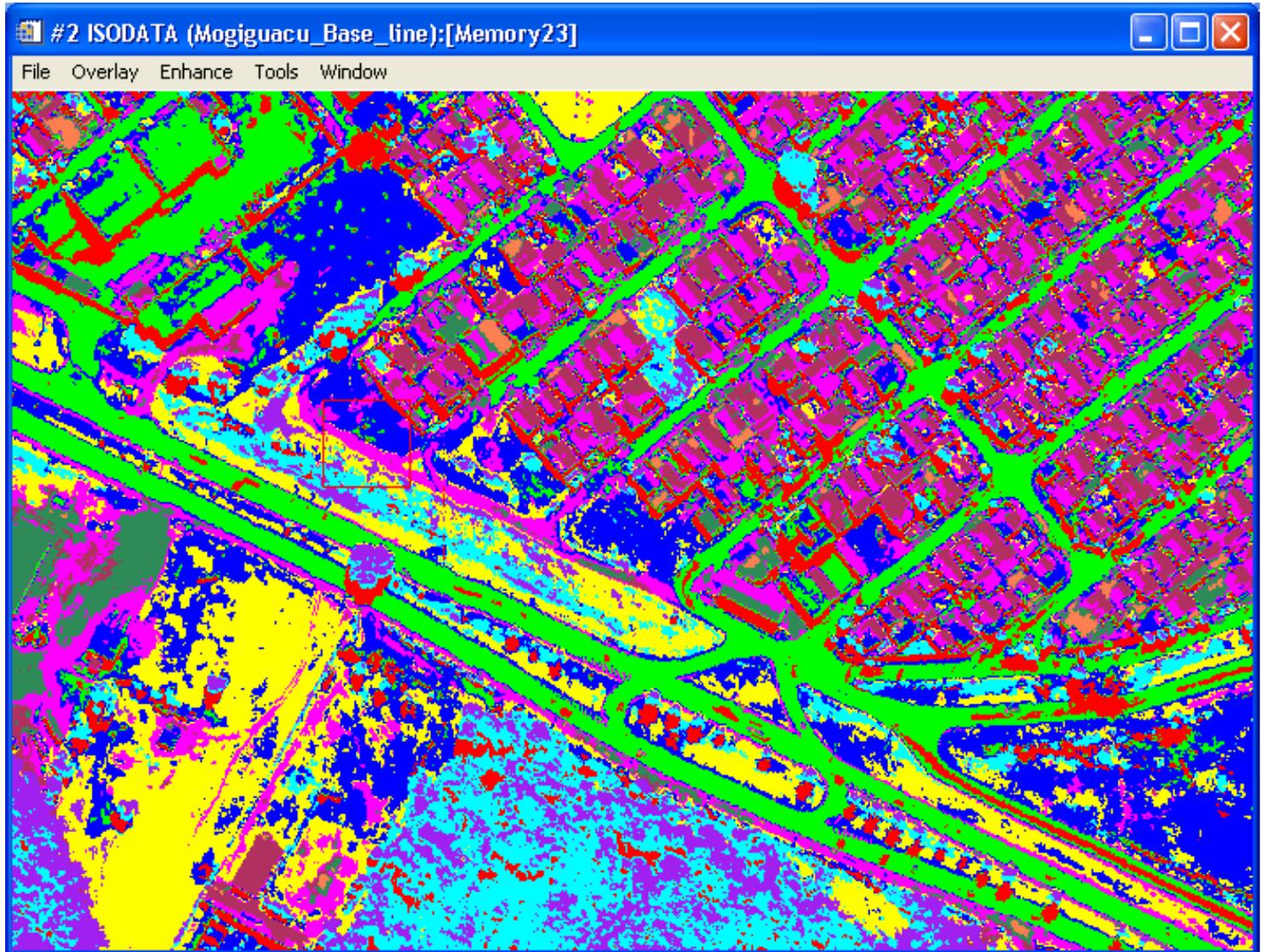
➤ Processamento

- Realce
- **Classificação**

Classificação não-supervisionada utilizando Kmeans (10 classes com 10 interações)



Classificação não-supervisionada utilizando ISODATA (10 classes com 10 interações)



Bibliografia

- MORAES NOVO, Evlyn M. L. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. 3ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2008
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências: Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro, 2001.
- GONZALEZ, R.C; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blucher – 2000
- MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Brasport, 1999.
- CRÓSTA, Alvaro P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP/IG, 1992.

Bibliografia

- Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto - Álvaro P. Crósta - IG/UNICAMP, 170 p. - 1992
- Processamento digital de imagens - Ogê Marques Fo.; Hugo Vieira Neto - Brasport - 1999
- Processamento de imagens digitais - R.C. Gonzalez e R. E. Woods - Edgard Blücher - 2000