



# Sensoriamento Remoto II

## 3. Fusão de imagens

- **BROVEY**
- **PC**
- **IHS**
- 

UFPR – Departamento de Geomática  
Prof. Jorge Centeno

2020 copyright@ centenet

# fusão

É aplicada com o objetivo de produzir uma imagem multiespectral de alta resolução espacial a partir de :

- Uma imagem multiespectral de baixa resolução espacial e
- Uma imagem pancromática de alta resolução espacial

As técnicas de fusão mais conhecidas são as de substituição

- Intensidade-Matiz-Saturação (IHS);
- Componentes Principais;
- Ou a de ponderação, como o método de Brovey;
-

# exemplo

- A) original Multiespectral
- B) pancromática

Fusão de imagens de Sensoriamento Remoto utilizando a Transformada **Wavelet Haar**

Osny Ferreira da Silva, Giovanni Araujo Boggione, Leila Maria Garcia Fonseca



(a)



(b)

# exemplo

## Original e fusão

Fusão de imagens de Sensoriamento Remoto utilizando a Transformada Wavelet Haar  
Osny Ferreira da Silva, Giovanni Araujo Boggione, Leila Maria Garcia Fonseca



(a)



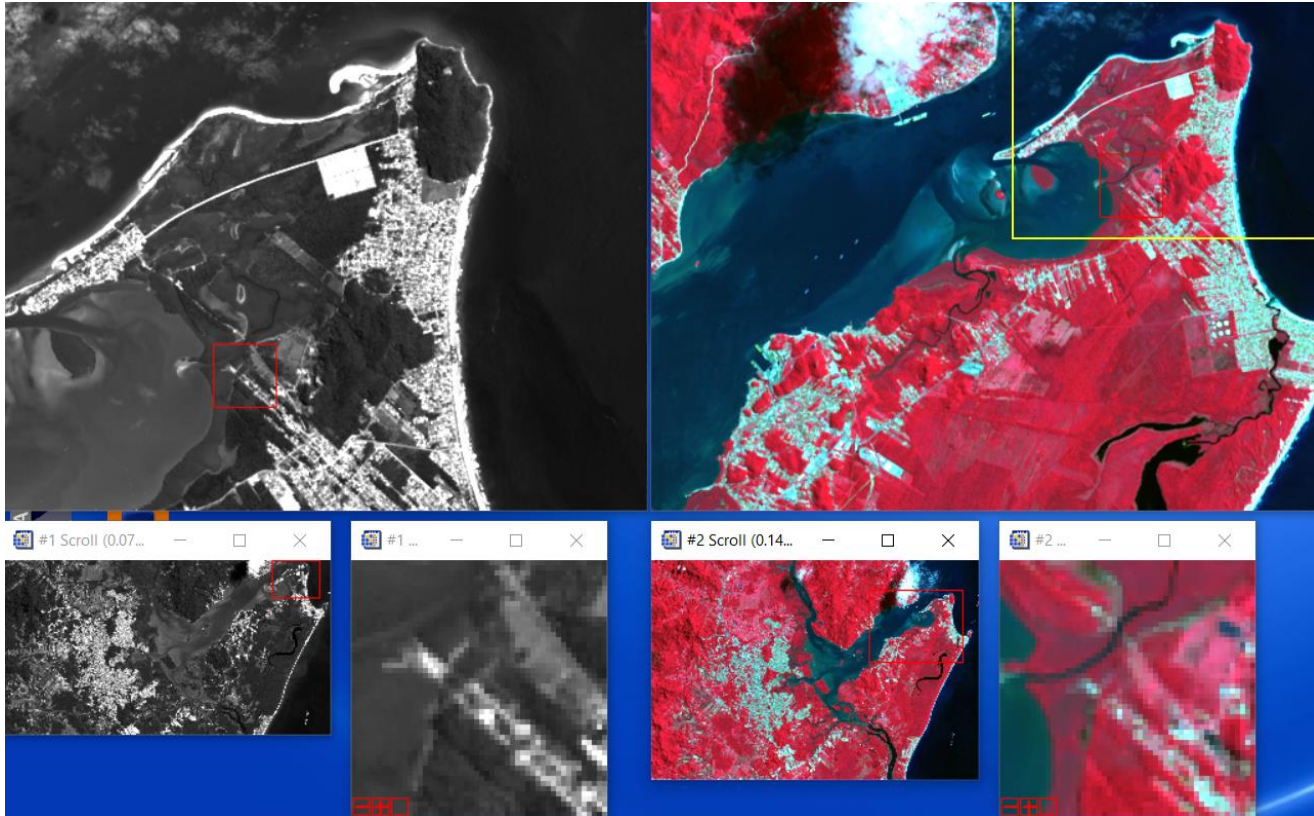
(c)



# etapas

- 1 pré-processamento
- 2 fusão
- 3 verificação

# Resolução diferente



Repare na diferença de tamanho ...A área amarela na segunda imagem corresponde à área coberta pela PAN

# Pré-processamento

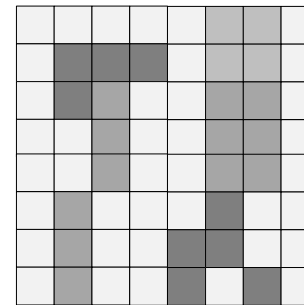
Como o pixel da imagem pancromática é menor, são necessárias mais linhas e colunas para cobrir a mesma região na terra do que são necessárias na imagem multiespectral.

Por isso, deve-se fazer o ajuste geométrico entre as duas imagens.

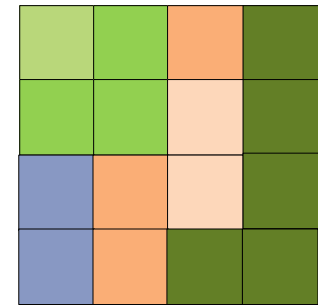
Para isto, usa-se a imagem PAN como base geométrica esse ajusta a imagem multiespectral a esta geometria.

Com isto, o número de linhas e colunas da imagem multiespectral será aumentado, porém sem aumento de informação.

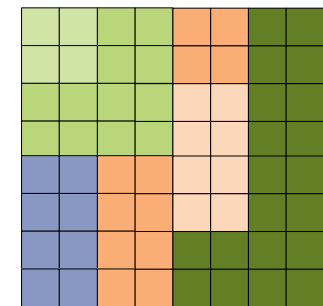
Exemplo: Landsat



PAN 15m  
Base (nxm)



multi 30m



multi reamostrada  
15m  
(nxm)

# Correção geométrica imagem vs imagem

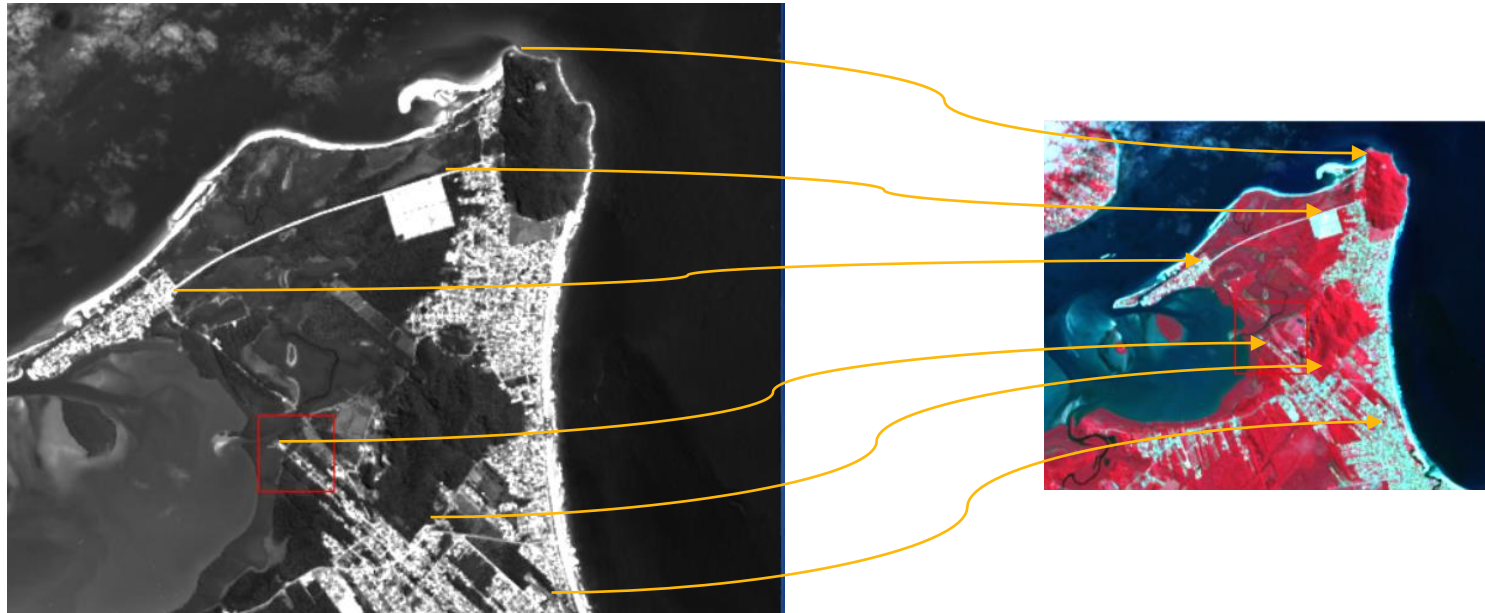


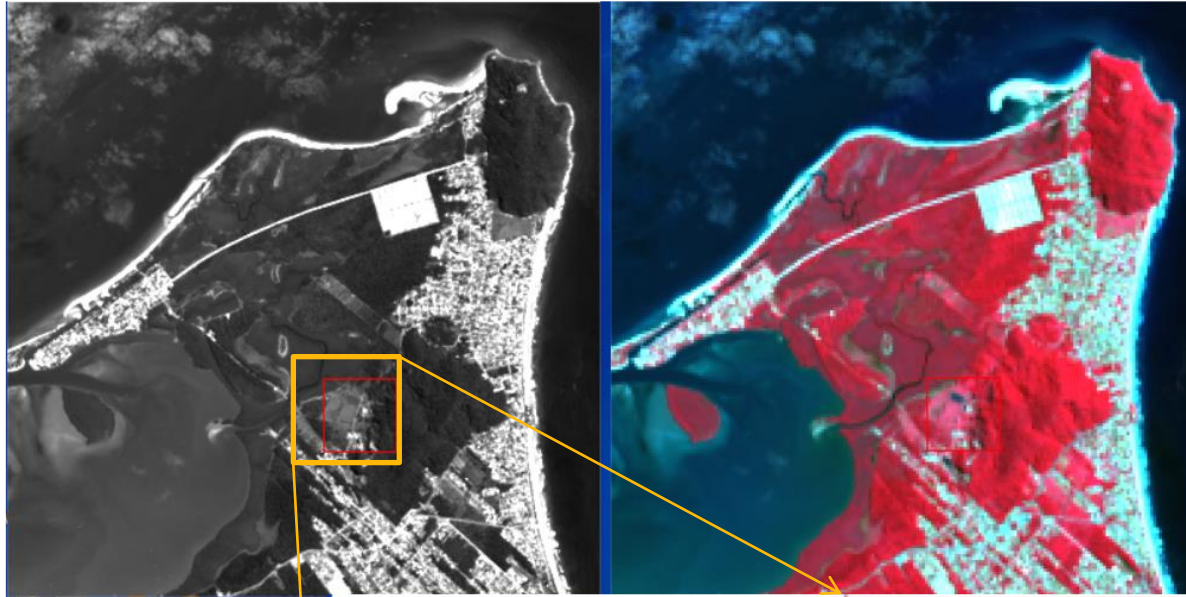
Imagem base: PAN

Selecionar pontos correspondentes nas duas imagens.

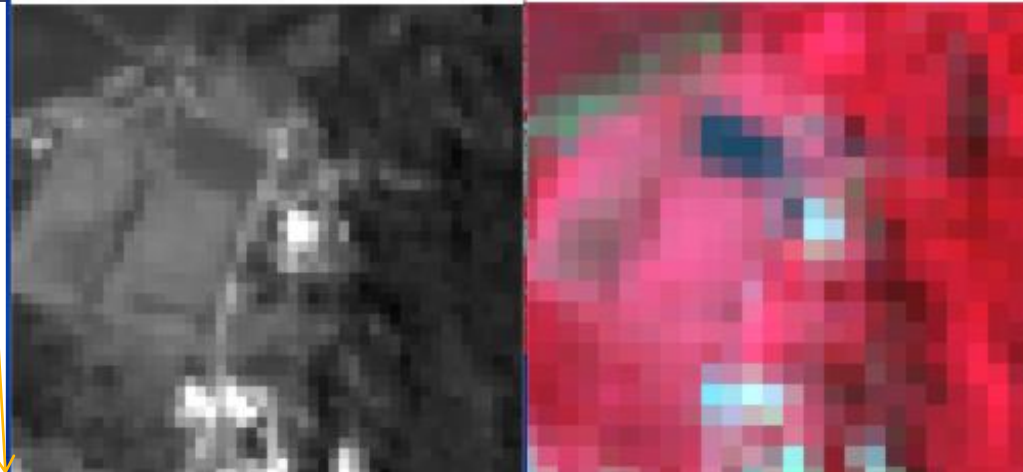
Aplicar a transformação Geométrica. Um método de interpolação simples (bilinear) é suficiente.



# Mesma geometria, resolução diferente



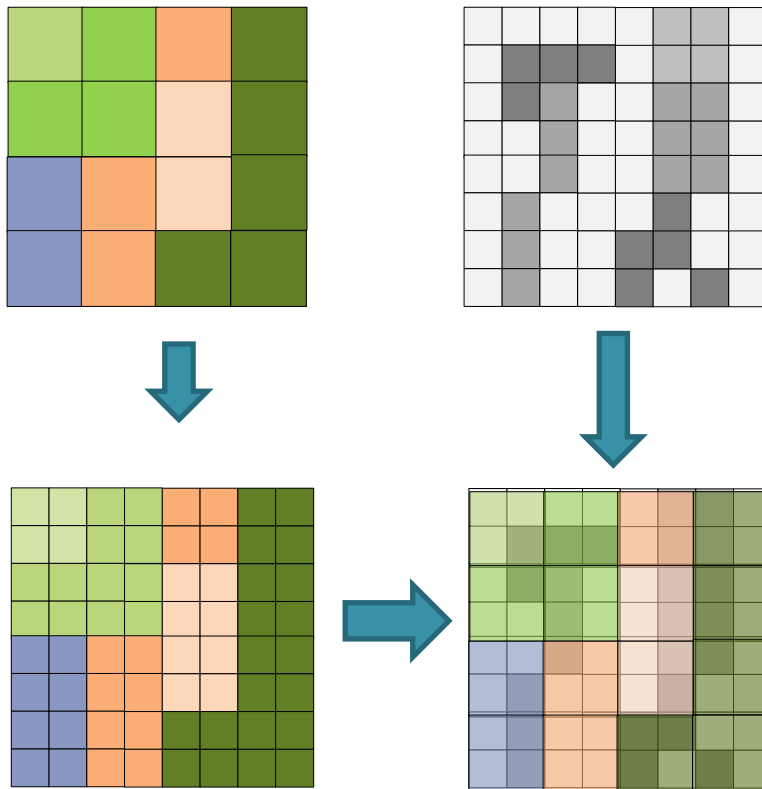
Com isto, o número de pixels da imagem multiespectral foi aumentado, porém não a informação.



# fusão

- Tem várias opções
- Brovey
- Por substituição
  - IHS
  - Componentes principais
- (existem outros)...

# princípio



dividir cada pixel colorido (de maior tamanho) e clarear/escurecer cada parte segundo a informação da pancromática.

# Método de Brovey

O método de Brovey realiza a normalização das bandas, calculando a proporção de cada cor (0 a 1) e o total de intensidade contido nas três bandas.

$$(B_1, B_2, B_3) = (R, G, B)$$

$$I = R + G + B$$
$$I = B_1 + B_2 + B_3$$
$$I = \sum_{i=1}^3 B_i$$

Se calcularmos quanto cada cor contribui para a intensidade, a proporção de cor...

$$x_i = B_i/I$$

$$r = R/(B_1 + B_2 + B_3)$$

$$g = G/(B_1 + B_2 + B_3)$$

$$b = B/(B_1 + B_2 + B_3)$$

Então:

$$r + g + b = 1$$

Então, a informação de cada pixel é descrita pelo conjunto  $[I, r, g, b]$

# Normalização de RGB

A informação de cada pixel é descrita pelo conjunto  $[I,r,g,b]$ , onde  $r,g$  e  $b$  preservam a informação de cor.

Para calcular os valores originais ...

$$R=r*I$$

$$G=g*I$$

$$B=b*I$$

Mas, e se em lugar de “I” for usada a PAN? Já que são parecidas?

$$R'=r*PAN$$

$$G'=g*PAN$$

$$B'=b*PAN$$

Ou substituindo:

$$R'=(R/I)*PAN$$

$$G'=(G/I)*PAN$$

$$B'=(B/I)*PAN$$

# Método de Brovey

Alterar a claridade do pixel “quebrado” conforme a intensidade da pancromática

$$b_a = \frac{\text{Banda}_a}{\sum_{i=1}^n \text{Banda}_i} * \text{PAN}$$

A pancromática vai aumentar o diminuir a intensidade da banda original.

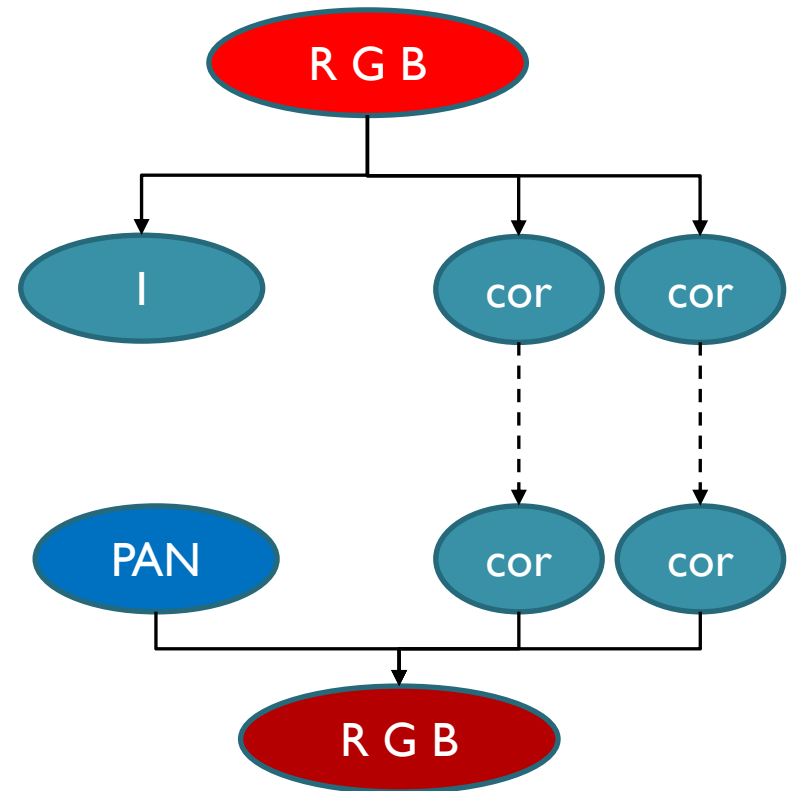


# Fusão por substituição

# Fusão por substituição

Se a imagem RGB for representada em um sistema que separe a intensidade (I) das outras componentes da cor

Então, como a única diferença será a resolução espacial, se pode substituir essa componente pela PAN e aplicar a transformação inversa.





# Fusão por substituição

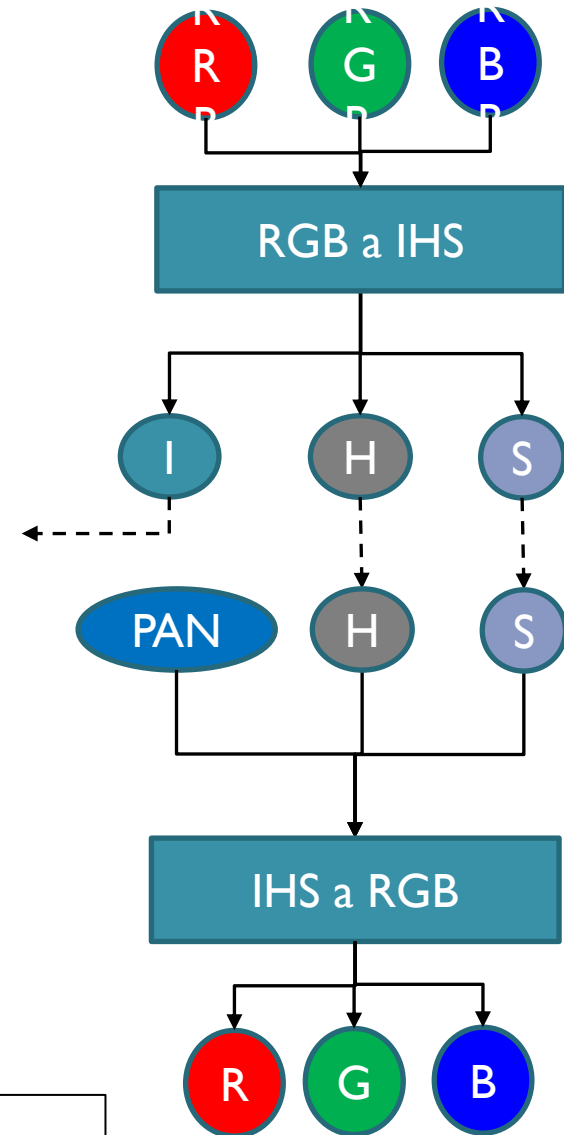
## passos

- 1) Transformar a imagem usando um método (T) , ex: IHS ou Componentes Principais;
- 2) Selecionar a banda a ser substituída, que deve ter alta correlação com a banda pancromática
- 3) Ajustar o histograma da pancromática para se parecer ao da banda a ser substituída
- 4) Substituir a banda multiespectral escolhida, pela banda pancromática; Com isso se cria uma nova imagem.
- 5) aplicar a transformação inversa ( $T^{-1}$ )

# Exemplo IHS

- 1) Aplicar a transformação RGB-IHS
- 2) Como a Intensidade é a soma de todas as bandas ( $R+G+B$ ) então ela é muito parecida a uma imagem PAN, faltando, talvez um ajuste de contraste porque a PAN pode ter 8 bits e a Intensidade valores de 0 a 1.
- 3) *Ajustar o contraste da PAN para ser similar à Intensidade*
- 4) Substituir a banda Intensidade pela PAN.
- 5) Aplicar a transformação inversa IHS-RGB.

Assumindo que a PAN e a Intensidade são correlacionadas



# Da aula passada RGB-HSV

$$\begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & 0 & 2/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

Não é necessário calcular S” e “H” para fazer a transformação, apenas as componentes I, V1 e V2.

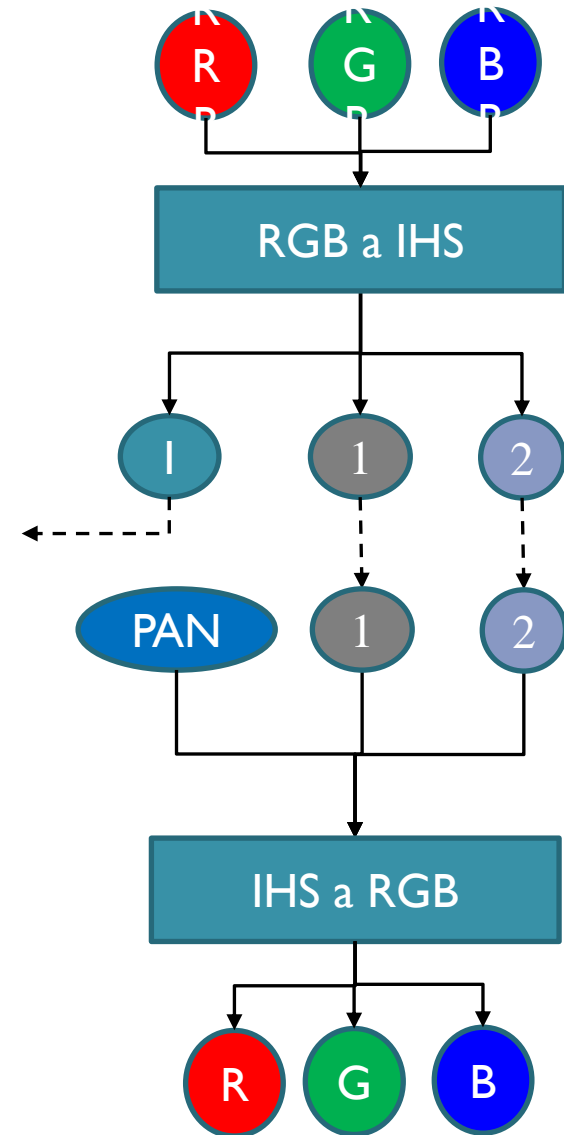
# usando I-V1-V2

- 1) Aplicar a transformação RGB-I.v1.v2
- 2) Ajustar o contraste da PAN para ser similar à Intensidade
- 3) Substituir a banda Intensidade pela PAN.

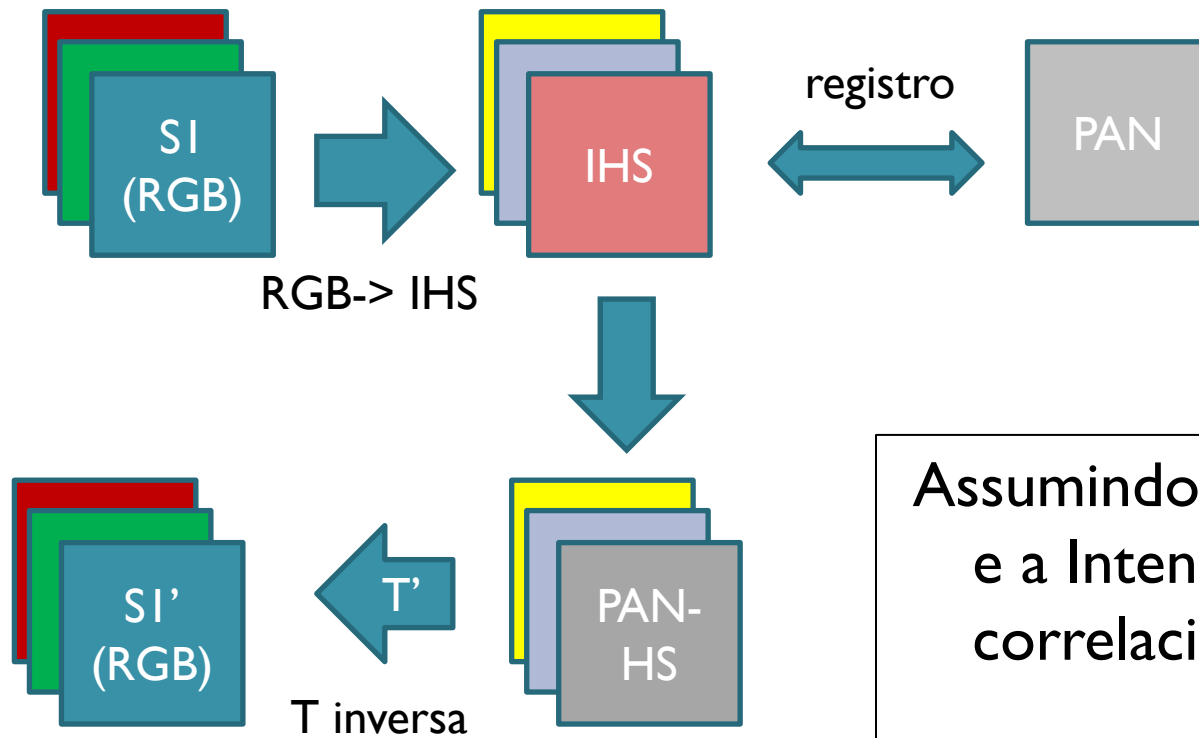
$$\begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- 5) Aplicar a transformação inversa

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & 0 & 2/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$



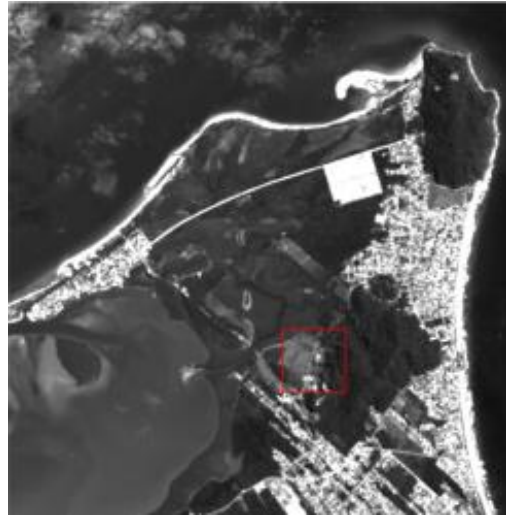
# Exemplo IHS



Assumindo que a PAN e a Intensidade são correlacionadas



RGB



PAN

Qual se parece mais com a PAN?



• Hue



Saturation



Intensity

PAN

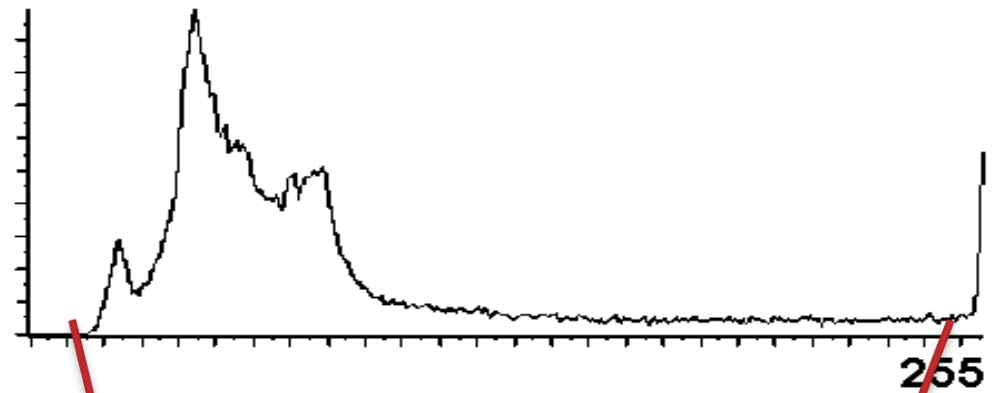


Intensity

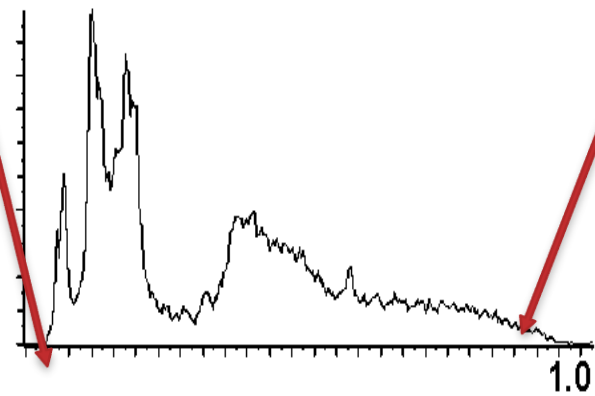


# Histogramas

PAN



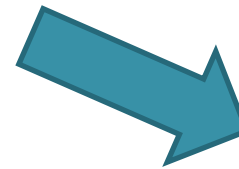
Intensidade





- Hue
- Saturation
- PAN

Aplicar a transformação  
inversa a este novo  
conjunto

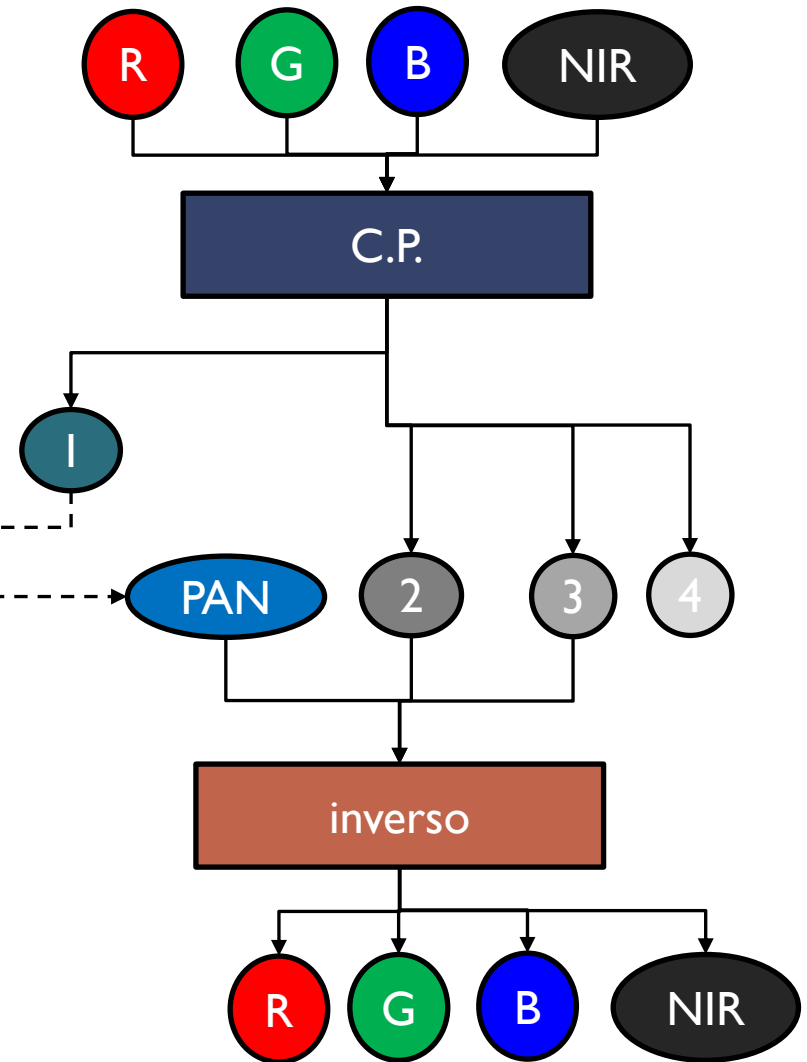


RGB NOVA

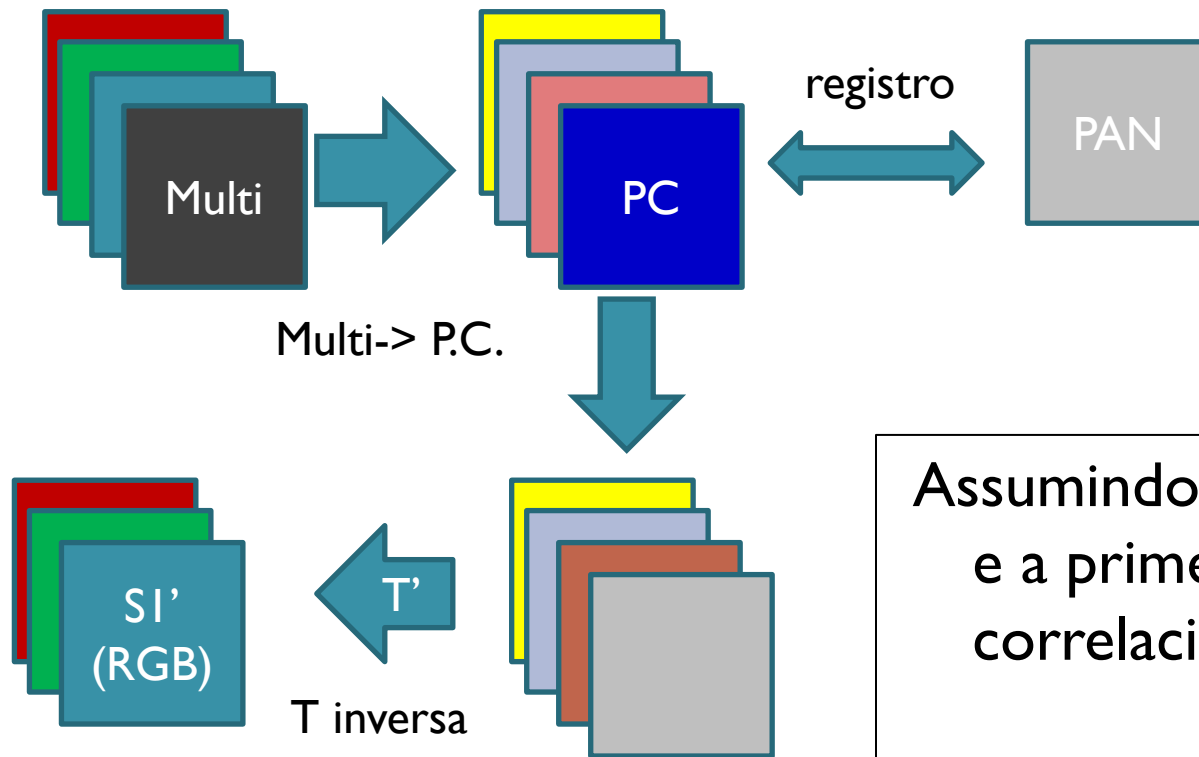


# Componentes Principais

- 1) Calcular as componentes principais
- 2) Como a primeira componente geralmente é a soma ponderada de todas as bandas então ela é muito parecida a uma imagem PAN, faltando, talvez um ajuste de contraste.
- 3) Ajustar o contraste da PAN para ser similar à primeira componente principal
- 4) Substituir a banda 1ª componente pela PAN.
- 5) Aplicar a transformação inversa.
- VANTAGEM, pode ser aplicada a mais de 3 bandas.



# Exemplo P.C.



Assumindo que a PAN e a primeira C.P. são correlacionadas

- **Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC**
- Fernando Leonardi, Cleber Gonzales de Oliveira, Leila Maria Garcia Fonseca I, Cláudia Maria de Almeida



(a) CBERS 2B – C

(e) Fusão Pansharpening.

ERS 2B – HRC 2.5m.

# Avaliação

- Como medir se houve perda de informação na fusão? Qual fusão é melhor?
- Pode-se medir a perda/ganho espectral:
  - desvio padrão
  - coeficiente de correlação
- e coerência espacial ...

# Desvio padrão

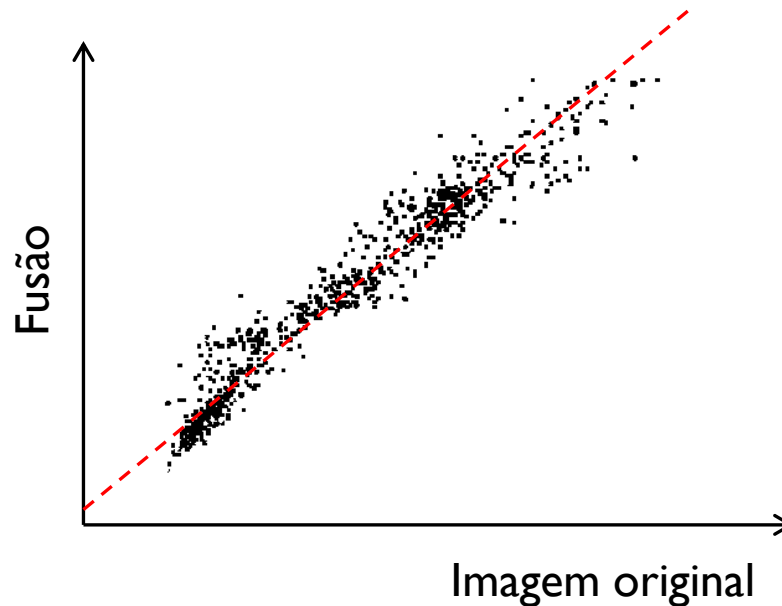
- É esperado que o desvio padrão da imagem híbrida ( $f$ ) seja igual ou maior ao da original. Caso contrário houve perda de informações.
- Por isso, os desvios padrão são comparados

$$DP = \frac{\sigma_o - \sigma_f}{\sigma_o}$$

- Valores positivos (desvio da original maior que a da fusão) indicam perda de informação e valores negativos indicam ganho de informação.
- Como toda transformação gera perda, o ideal é obter um valor negativo, próximo de zero.

# Correlação

- Se a fusão ocorreu de forma adequada, as bandas novas são muito parecidas às bandas originais, porém com maior textura. Porém, não são esperadas grandes alterações.
- Então, a correlação entre a banda original e a respectiva banda híbrida deve ser próximo de um.
- Valores muito baixos podem apontar que houve erro na seleção de bandas ou que não foi adequadamente ajustado o histograma.





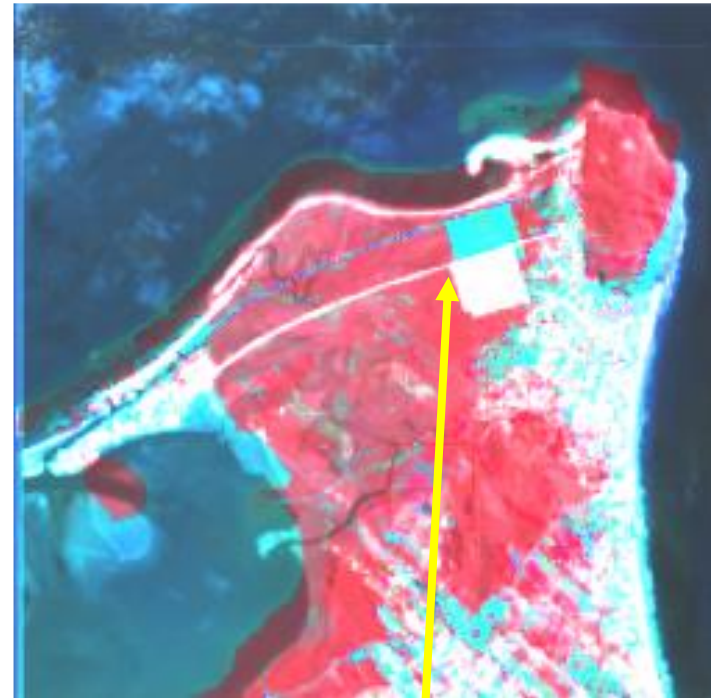
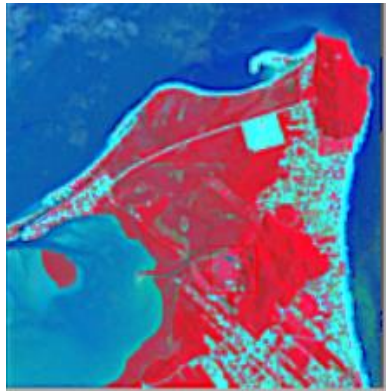
# coerência espacial

- A imagem após a fusão não deve ser afetada por problemas de registro. Isto significa que o controle da qualidade do registro fornece uma estimativa da compatibilidade espacial do resultado.

# Exemplo do que não deve ter



Radiométrico: Cores não correspondem com a imagem original. Provavelmente a PAN não foi bem compatibilizada com a intensidade ou bandas foram trocadas




Geométrico: as feições aparecem duas vezes, ou seja, o ajuste geométrico não foi bem feito



# Ao trabalho prático

- O trabalho deve conter:
- A) introdução (10%)
- B) Materiais (10%)
- C) Métodos (40%)
- D) resultados e discussão (30%)
- F) conclusão: avaliação (10%)

- 
- Introdução
  - Nesta parte você descreve o problema a ser resolvido, formula bem o problema.
  - Seja objetivo, mas não deixe os detalhes importantes de fora.
  - Materiais:
  - Aqui você descreve as imagens, data, bandas, resoluções, tudo o que se refere ao material que você usou no experimento

# Método

- Isto se divide em
- A) registro
- B) Aplicar Brovey
- C) aplicar C.P.
  - Transformação
  - Compatibilização de histogramas
- D) avaliar os produtos
- Tudo deve ser devidamente documentado no texto, sem PRINT screen de tabelas, tabelas em formato UFPR, com letras e números em português.



Resultados: deve incluir  
imagens originais (recortes)

- as imagens resultantes
- Avaliação da qualidade
- Comparação

Conclusão

- Deve mostrar o que resultou de seu trabalho, sua decisão a respeito de qual produto é melhor fundamentado nos resultados. Também deve comentar eventuais erros ou defeitos e suas causas.