



# APLICAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE FUSÃO IHS E COMPONENTES PRINCIPAIS EM IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2B MULTISSENSORES HRC/CCD

L. S. Azevedo<sup>1</sup>, L. C. Barbosa<sup>1</sup>, A. L. B. Candeias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

## RESUMO

A fusão combina diferentes características espectrais e espaciais a fim de sintetizar uma nova imagem com maior resolução espacial que a imagem original. Algumas das técnicas de fusão é o IHS (intensidade, matiz e saturação) e Componentes Principais, consideradas simples e de fácil execução. Este trabalho apresenta os resultados da análise quantitativa e qualitativa de imagens dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS-2B, fusionadas por IHS e Componentes Principais. As bandas 2,3 e 4 do sensor CCD, resolução espacial de 20 metros, foram fusionadas com a pancromática do HRC, resolução espacial de 2,7 metros. A área de estudo foi o entorno do Reservatório de Itaparica, Pernambuco. As imagens resultantes foram avaliadas através de observações visuais e por medidas estatísticas: média, desvio padrão, variância, correlação e IQI (índice de qualidade da imagem). Foi possível perceber que a imagem resultante apresentou ganho de qualidade e maior riqueza de detalhes devido ao aumento da resolução espacial. Através das estatísticas observou-se que melhores resultados foram para a técnica de componentes principais.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Fusão de Imagens, Satélite CBERS-2B.

## ABSTRACT

The fusion combines different spectral and spatial characteristics in order to synthesize a new image with higher spatial resolution than the original image. Some of the techniques of fusion is the IHS (intensity, hue and saturation) and Principal Components, considered simple and easy to execute. This work presents the results of the quantitative and qualitative analysis of images of HRC and CCD sensors of CBERS-2B satellite, fused by IHS and Principal Components. The bands 2,3 and 4 of the CCD sensor, spatial resolution of 20 meters, were fused with the panchromatic HRC, spatial resolution of 2.7 meters. The area of study was the surroundings of the Itaparica Reservoir, Pernambuco. The resulting images were evaluated through visual observations and statistical measures: mean, standard deviation, variance, correlation and IQI (image quality index). It was possible to perceive that the resulting image presented gain of quality and greater wealth of details due to the increase of the spatial resolution. Through the statistics it was observed that the best results were for the technique of Principal Components.

**Keywords:** Remote Sensing, Image Fusion, Satellite CBERS-2B.

## 1- INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o Sensoriamento Remoto vem se mostrando uma grande ferramenta para estudo, pesquisa e monitoramento de diversos fenômenos. Segundo (Kalaf et al., 2013) ele está consolidado em diferentes ramos da ciência. Suas imagens podem ser aplicadas em diferentes temáticas como exemplo, o monitoramento de fenômenos dinâmicos e mudanças terrestres.

No passado, a utilização das imagens produzidas por satélites estava limitada, devido a estes

dois principais motivos: primeiro, a baixa resolução espacial, no caso de satélites de baixo custo; Segundo, o alto custo das imagens de satélites equipados com sensores de alta resolução, como IKONOS e QUICKBIRD (Cunha e Costa, 2010).

Com o avanço das tecnologias, foram desenvolvidas técnicas de processamento digital de imagens com o objetivo de minimizar esta problemática. Dentre elas destaca-se a técnica de realce de fusão de imagens.

De acordo com (Wald, 1997) a fusão de dados pode ser definida como uma estrutura de trabalho onde ferramentas e técnicas são desenvolvidas com o objetivo de combinar informações advindas de diferentes sensores. A técnica de fusão permite a obtenção de uma imagem de melhor qualidade, a partir da combinação de diferentes características espaciais e espectrais.

Neste trabalho foram utilizadas imagens do satélite CBERS-2B (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) multissensores HRC/CCD. Este satélite foi lançado em 2007 e além das câmeras WFI e CCD (contidas no CBERS 1 e 2), também contém a câmera HRC (High Resolution Camera – Câmera Pancromática de Alta Resolução) que possui 2,7 metros de resolução espacial.

A partir da combinação da banda pancromática com as bandas multiespectrais por meio de alguma técnica de fusão, nesse caso as técnicas utilizadas foram IHS (intensidade, matiz e saturação) e Componentes Principais (CP), é possível obter como resultado final uma imagem com alta resolução espectral e espacial.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo a aplicação e análise estatística da fusão de imagens do Satélite CBERS 2B (sensores CCD e HRC), utilizando os métodos de IHS e Componentes Principais.

## 2- METODOLOGIA

A área escolhida para estudo foi um trecho do entorno do Reservatório de Itaparica que fica localizado entre os Estados de Pernambuco e Bahia (figura 1).



Fig. 1 – Área de estudo: Reservatório de Itaparica.

Fonte: Google Earth

As imagens utilizadas foram: banda pancromática HRC, órbita 149\_B e ponto 110\_2, e as bandas 2,3 e 4 do sensor CCD, órbita 149 e ponto 110 ambas do satélite CBERS-2B com data de 23 de janeiro de 2010.

O Spring versão 5.4.3 é um software gratuito e foi utilizado para a fusão IHS e as análises estatísticas. Já o ENVI 5.3 é um software proprietário, mas que oferece uma versão teste gratuita, e foi utilizado para fusão por componentes principais já que o Spring não oferece esse recurso. O QGIS 2.14.8 também foi utilizado para ajuste e recorte das cenas, pois a banda pancromática do HRC abrange uma área menor que as bandas CCD.

Na figura 2 pode ser vista as etapas utilizadas para a realização deste trabalho.



Fig. 2 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Autor

Para facilitar o entendimento, a metodologia foi dividida em duas fases: aplicação da técnica de fusão de imagens e processo para análise qualitativa e quantitativa.

### 2.1- APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FUSÃO DE IMAGENS

Inicialmente, na primeira etapa, foi feita a seleção e aquisição das imagens que são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Cenas dos sensores HRC e CCD, foram selecionadas e vale salientar que a cena do CCD foi escolhida levando em consideração a mesma época em que a cena HRC foi obtida, a fim de manter as mesmas condições atmosféricas entre as bandas.

As cenas foram importadas para o software QGIS e a partir disso, foram escolhidos 10 pontos de controle a serem utilizados no processo de ajustamento e recorte das cenas HRC e CCD, visto que a cena do HRC abrange uma área menor.

Para a fusão das imagens pelo método IHS seguiu-se os seguintes procedimentos descritos em (Meneses e Almeida, 2012): seleção das três bandas do módulo multiespectral, bandas 2,3,4 do CCD e em seguida realizou-se a transformação do espaço RGB para o espaço IHS, obtendo-se separadamente os componentes de intensidade (I), matiz (H) e saturação (S). Os componentes H e S que guardam a informação espectral das cores foram preservados e o componente I descartado e substituído pela imagem pancromática de alta resolução espacial (sensor HRC). Feito isso, foi realizada a transformação inversa para o espaço de cor RGB.

Já na fusão por componentes principais primeiramente é necessário gerar um arquivo com a composição colorida das bandas, em seguida importar a banda pancromática e escolher o interpolador a ser utilizado no processo da fusão. Nesse caso, o escolhido foi o vizinho próximo por não gerar novos valores de dados.

## 2.2-PROCESSO PARA ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA

A análise qualitativa foi elaborada a partir da análise visual das cores da imagem multiespectral original e das imagens fusionadas. Já a análise quantitativa teve como objetivo verificar a fidelidade espectral da imagem sintética com relação à imagem multiespectral original.

Neste caso, não pode haver comparação entre a imagem original e a imagem fusionada, pois estas possuem resoluções espaciais distintas, 20 metros e 2,7 metros, respectivamente. Sendo assim, antes do processo de fusão, foi preciso que as resoluções espaciais das imagens originais fossem degradadas de tal forma que a imagem sintética resultante (denominada de imagem simulada) do processo de fusão tivessem a mesma resolução espacial da imagem multiespectral original.

Desta forma, foram geradas, com o interpolador vizinho mais próximo, uma imagem pancromática simulada com resolução de 20 m e uma multiespectral de 40 m de resolução. A fusão entre as imagens degradadas é considerada uma fusão simulada somente para efeito de avaliação. Este processo de degradação da resolução espacial das imagens foi realizado através do software QGIS 2.14.8.

## 3-RESULTADOS

### 3.1- ANÁLISE QUALITATIVA

Com relação a qualidade, analisando a figura 3, podemos observar que as imagens após serem fusionadas apresentam melhores resultados em termos de visualização e definição dos objetos que a compõem. Ainda de acordo com a figura 3, percebemos que a técnica que apresentou melhor conservação de cores foi a Principais Componentes. Já a técnica de IHS gerou uma imagem mais escura.

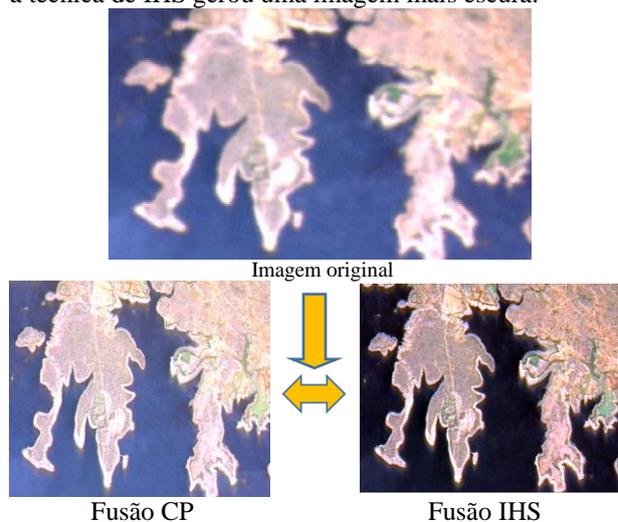


Fig. 3 – Esquema mostrando na parte superior a composição colorida R (4), G (3), B (2) da imagem original e na parte inferior esquerda a fusão por

Componentes Principais e inferior direita a fusão por IHS. Fonte: Autor

### 3.2- ANÁLISE QUANTITATIVA

Para a comparação das imagens foram utilizadas as seguintes medidas estatísticas: média, desvio padrão, variâncias, IQI (índice de qualidade da imagem), e coeficiente de correlação entre bandas. Esta etapa teve como objetivo verificar a fidelidade espectral da imagem fusionada com relação à imagem multiespectral original.

Na tabela 1 encontram-se os resultados das médias dos pixels, desvio padrão e variância para a imagem multiespectral original e as imagens fusionadas. A média e o desvio padrão estão relacionados com o brilho e contraste da imagem, respectivamente. Quando há uma menor variação na média, o brilho é conservado. Uma menor variação entre os valores de desvio padrão demonstra melhor preservação do contraste da imagem. Analisando a tabela e comparando os resultados, a imagem fusionada por componentes principais apresentou resultados um pouco mais próximos aos originais, indicando uma conservação do brilho e contraste da imagem havendo uma menor alteração significativa quando comparado ao da imagem original. Enquanto que a imagem fusionada por IHS apresentou uma variação ligeiramente maior tanto para média como para desvio padrão e variância.

TABELA 1- MEDIDAS ESTATÍSTICAS DAS BANDAS ORIGINAIS E FUSIONADAS POR IHS E CP

Imagem	Média	Desvio Padrão	Variância
	Banda 2		
Multiespectral original	73,08	9,48	89,86
Fusionada IHS	57,21	16,18	261,69
Fusionada CP	58,25	19,67	386,79
Imagem	Banda 3		
Multiespectral original	54,22	11,19	125,13
Fusionada IHS	43,30	16,30	265,85
Fusionada CP	44,38	20,19	407,55
Imagem	Banda 4		
Multiespectral original	72,06	24,27	589,27
Fusionada IHS	58,73	30,34	920,22
Fusionada CP	59,85	34,97	1222,56

Através do coeficiente de correlação entre as imagens, foi feita uma análise da transferência da resposta espectral da imagem multiespectral original para as imagens fusionadas (tabelas 2).

TABELA 2 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS BANDAS POR IHS E CP

Bandas	Coefficiente de correlação IHS	Coefficiente de correlação CP
banda 2	0,65	0,67
banda 3	0,91	0,92
banda 4	0,97	0,99

Quando o coeficiente de correlação entre as bandas da imagem original e a imagem fusionada apresenta valores próximos de 1 é um fator indicativo de que grande parte das informações na imagem fusionada está coerente com a realidade, ou seja, é uma informação verídica. Dessa forma, é possível fazer análises precisas a partir dessas imagens. Analisando a tabela acima, percebemos que os resultados para a fusão por IHS e CP foram melhores para as bandas 3 e 4.

Para medir a qualidade da imagem, foi utilizado o Índice universal de Qualidade de Imagem (IQI) definido matematicamente em Wang e Bovik (2002), equação 1.

$$IQI = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\overline{xy}}{(x)^2 + (y)^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

Em que x e y são, respectivamente, a banda da imagem multiespectral original e da imagem fusionada. A primeira componente representa o coeficiente de correlação entre x e y (variando de -1 a 1).

A segunda componente mede a variação de brilho entre x e y (variando entre 0 e 1).

A terceira componente mede a similaridade do contraste entre as imagens (variando de 0 a 1) e seu maior valor é obtido quando a variância de x é igual à variância de y. Os valores de IQI variam de -1 a 1 e o valor máximo (1) é alcançado quando  $\sigma_x = \sigma_y$ .

Podemos observar pelos valores de IQI na Tabela 3, que a técnica de fusão IHS aplicada as bandas 3 e 4 apresentaram melhores resultados em termos de qualidade. Já na técnica de CP o melhor resultado foi apenas para a banda 4.

TABELA 3 - VALORES DE IQI REFERENTES A CADA BANDA DA IMAGEM MULTIESPECTRAL ORIGINAL EM RELAÇÃO A RESPECTIVA BANDA DA IMAGEM FUSIONADA POR IHS E CP

Técnica	IQI		
	banda 2	banda 3	banda 4
IHS	0,55	0,82	0,93
CP	0,51	0,76	0,91

A comparação entre os histogramas da imagem original versus imagem simulada também revelou resultados interessantes que confirmas as análises estatísticas mostradas anteriormente.

Pela análise comparativa dos histogramas, percebe-se que a fusão por componentes principais gera bandas mais semelhantes às originais que a IHS (Figura 4).

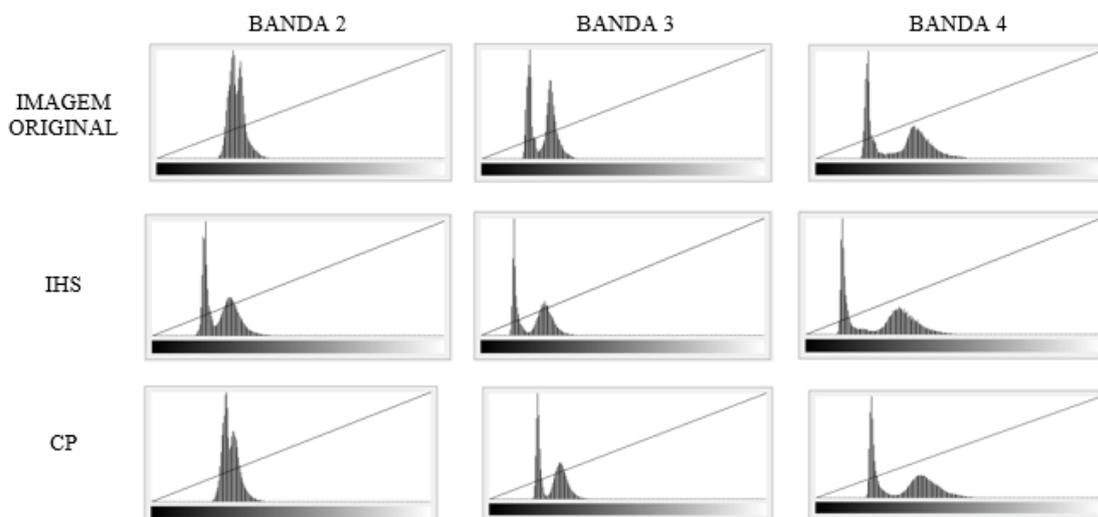


Fig. 4 – Histograma das bandas originais e fusionadas por IHS e CP

#### 4- CONCLUSÕES

Neste trabalho foram avaliadas duas técnicas de fusão, a IHS e a Componentes Principais, aplicadas em imagens do satélite CBERS-2B. Observou-se que as imagens fusionadas apresentam maior riqueza de detalhes, pois combina a resolução espacial da banda pancromática com a resolução das bandas espectrais, gerando uma imagem colorida de melhor resolução. Também foi possível perceber uma melhora significativa na qualidade geométrica das imagens multiespectrais de baixa resolução, fazendo com que elas possam ser utilizadas em diversos tipos de projetos.

Além disso, o fato das imagens do CBERS-2B ser disponibilizada gratuitamente na internet aumenta a viabilidade do uso destas técnicas de fusão, pois através dela pode-se obter um produto de boa resolução espectral com elevado nível de detalhes e um custo baixo.

Em contrapartida, apesar de ser uma técnica bastante utilizada, a fusão pelo método IHS possui a limitação de permitir apenas a fusão de três bandas por vez, com a imagem de alta resolução espacial. Já no método de componentes Principais, não há limite no número de bandas e pelas análises estatísticas melhores resultados foram obtidos com essa técnica.

#### AGRADECIMENTOS

Ao INPE pela política de distribuição gratuita das imagens do satélite CBERS-2B, ao PIBIC / CNPq pela bolsa de apoio para o primeiro autor.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Crósta, A. P., 1992. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 170 páginas.

CUNHA, A. C. e COSTA, F. P. M.,2010. Fusão de imagens dos satélites CBERS 2B HRC e LANDSAT 5 TM, em Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO),Recife – PE, Brasil,pp 001-005.

GONZALEZ, R. F. e WOODS, R. E., 2010. Processamento de Imagens digitais, Pearson, São Paulo-SP, 624 páginas

KALAF, R., BRASILEIRO, R., CARDOSO, P.V. e CRUZ, C.B.M, 2013. Landsat8: Avanços para mapeamento em mesoescala, em Anais do 4º Congresso Brasileiro De Geoprocessamento, Rio de Janeiro-RJ, Brasil,pp 51-54.

MENESES, P. R e ALMEIDA, T.,2012. Modelo de Cores Aplicados às Imagens, em Introdução ao

processamento de imagens de sensoriamento remoto Brasília: Universidade de Brasília, pp. 123-137.

WALD, L; RANCHIN, T e MANGOLINI, M.,1997 Fusion of satellite images of different spatial resolutions: Assessing the quality of resulting images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 63, Nº 6, pp. 691-699.

WANG, Z. e BOVIK, A.C.,2002. A Universal Image Quality Index. IEEE Signal Processing Letters, v.9, Nº 3, pp. 81-84.