

Fusão de imagens utilizando transformada discreta de *wavelet*, pirâmide morfológica e IHS

Anselmo Cristiano de Oliveira¹
César Valdenir Teixeira¹
Alessandra Luiza Gouveia²
Antonio Nuno de Castro Santa Rosa³

¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ProVárzea/IBAMA - Av. Ministro João Gonçalves s/n Distrito Industrial- Manaus-AM, Brasil
CSR/CEMAM - SCEN Trecho 2 Ed. Sede do Ibama Bloco F- Brasília- DF - Brasil
{anselmo.oliveira, cesar.teixeira}@ibama.gov.br

²Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
Coordenação Geral de Floresta – CGFLO / IBAMA
SCEN Trecho 2 Ed. Sede do Ibama Bloco B – Brasília- DF - Brasil
cartografa@uol.com.br

³Instituto de Geociências - Universidade de Brasília UNB
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Caixa-Postal: 4466, CEP 70910-900 Brasília - DF – Brasil
nunos@unb.br

Abstract. Image fusion is a technique that combines information from different sensors in order to obtain a hybrid product with better spatial resolution. In this work three fusion methods are evaluation: discrete wavelet transform, morphologic pyramid and HLS (hue, lightness and saturation).

Palavras-chave: image processing, image fusion, wavelet transform, morphologic pyramid, HLS fusion, processamento de imagens, fusão de imagens, transformada *wavelet*, pirâmide morfológica, fusão IHS.

1 Introdução

Com o avanço da tecnologia, a possibilidade de utilização dos dados captados por sensores remotos ou aerotransportados, gera uma gama muito ampla de informações em diversas resoluções: espectral, espacial, temporal e radiométrica (Leonardi, 2005).

A alternativa de combinações na análise de imagens de diversos sensores, tem como resultado imagens com melhores resoluções que as originais, facilitando a compreensão dos elementos em estudo. Para isto, torna-se necessário o entendimento dos mecanismos envolvidos neste processamento.

Um deles é o desenvolvimento de algoritmos para tarefas de processamento de sinal voltados à melhoria das transmissões de energia, onde a perda de sinal seja a menor possível. A aplicação desses algoritmos, para uma melhor interpretação de imagens de sensores remotos, vem sendo utilizados por pesquisadores e instituições com resultados satisfatórios. Diante disso, são discutidas abaixo algumas teorias.

A teoria de *Wavelet* tem como idéia básica à análise dos dados de acordo com as escalas variáveis no domínio do tempo e da frequência. O termo “*wavelet*” foi originalmente introduzido por J. Morlet, sendo a base matemática de suas idéias formalizada pelo físico Alex Grossmann (Delmont Filho, 2003). Os dados sísmicos estudados por Morlet exibiam conteúdos de frequência que mudavam rapidamente ao longo do tempo, para as quais a Transformada de *Fourier* não era adequada como ferramenta de análise, pois não permite a análise do conteúdo da frequência do sinal (Grossman, 1984 *apud* Delmont Filho, 2003).

A discretização da função de Morlet foi inicialmente utilizada pelo matemático Alfréd Haar, onde: para cada valor representado de uma lista de números 2^n , a transformada Haar considera

simplesmente pares de valores inseridos, armazenando a diferença e passando a soma. Este processo é repetido várias vezes, formando pares somados fornecendo a próxima escala: resultando em $(2^n - 1)$ diferenças e uma soma final (Wikipedia, 2005).

Outra função que foi considerada para a decomposição de imagens em diferentes tipos de resolução é a utilização de pirâmides de imagens, que nada mais é do que várias imagens de diferentes resoluções empilhadas uma sobre a outra, estando a de maior resolução na base e as demais aparecendo sobre ela em ordem decrescente de resolução (forma de pirâmide) (Vaquero, 2004). Basicamente são aplicados filtros de passa baixa e uma amostragem na imagem.

O método IHS (intensidade, matiz e saturação) é uma forma alternativa ao espaço RGB de representação de cores. As cores são definidas pelos atributos de intensidade ou brilho, matiz e saturação, que são definidas como: intensidade – é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, sendo a responsável pela sensação de brilho dessa energia incidente sobre o olho; matiz – é a medida do comprimento de onda médio da luz que reflete ou emite, definido como a cor do objeto; e a saturação – ou pureza, expressa pelo intervalo de comprimentos de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida, sendo que, quanto maior este valor, mais pura é considerada a cor. Esses atributos podem ser analisados e manipulados individualmente, ao contrário do sistema RGB, onde eles são intrinsecamente interligados (Crosta, 1993).

O objetivo deste trabalho é comparar a aplicação de três métodos de fusão de imagens ópticas e radar: a transformada *wavelet* discreta, a transformada pirâmide morfológica e a transformação RGB – IHS. Estes métodos e técnicas sem sendo desenvolvidas há algum tempo e cada vez mais novos algoritmos são implementados em diversos programas de processamento digital de imagens.

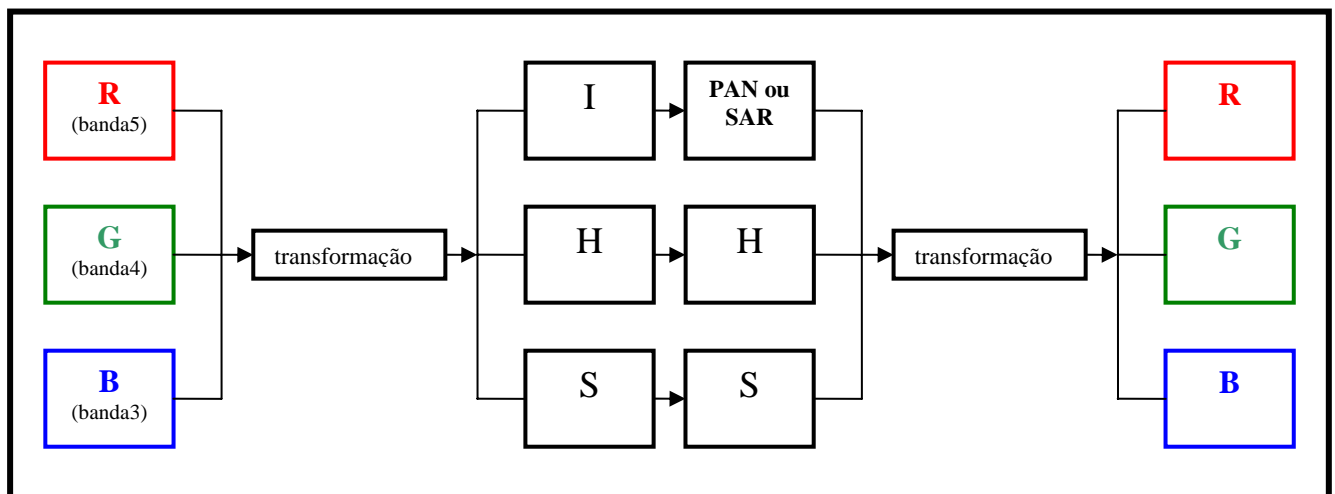


Figura 1 – Esquema do procedimento da transformação RGB – IHS.

2 Área de Estudo

Região no entorno da cidade de Santarém / PA, abrangendo porção do rio Tapajós. Esta área em estudo foi escolhida em função de trabalhos desenvolvidos pelo grupo de Geoprocessamento do ProVárzea/Ibama – Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea, vinculado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, localizados em Brasília, Manaus e nas áreas piloto de Santarém e Parintins.

Nos últimos anos o município de Santarém, segunda maior cidade do Estado do Pará, passa por transformações devido a diversos fatores, principalmente a ação antrópica, que levam a alterações irreversíveis no ambiente. Com a pavimentação da BR-163, muitos projetos desenvolvidos no município e em seu entorno, serviram de referência para as novas ações a serem implementadas, para

que os danos ao meio fossem minimizados. O município de Santarém, há vários anos tornou-se referencial para execução de projetos, com fins sócio-econômico-ambientais tendo a participação de ONGs, associações, colônias de pescadores e cooperativas, devido a ser um porto de escoamento de mercadorias, principalmente o pescado, e mais recentemente a possibilidade de escoamento de grãos (soja).

O ProVárzea é um destes projetos que desde 2000 vem desenvolvendo atividades diversas ao longo da calha dos rios Amazonas / Solimões, com ênfase nas áreas piloto de Santarém e Parintins. Entre outras atividades cita-se o monitoramento dos recursos pesqueiros, através da estatística pesqueira e o sistema geográfico de informação que vem sendo desenvolvidos em conjunto com instituições parceiras (UFAM, Museu Emílio Goeldi, etc).

3 Metodologia

Neste trabalho foram utilizadas imagens Landsat 7 ETM+ (bandas 3, 4, 5 e 8) do ano de 2002 no período de seca (setembro a fevereiro) e a banda L do SAR/Sipam de agosto de 2004, polarização HH, modo fine e resolução de 3 metros, na região de Santarém (PA). A escolha destas imagens é devido a fácil disponibilidade das mesmas pelo trabalho que o grupo do SIG / ProVárzea / Ibama desenvolve nesta área.

A Figura 2 mostra os procedimentos efetuados para geração das imagens híbridas, com os métodos mencionados acima. Assim para cada método, utilizando *wavelet*, foram gerados três produtos diferentes (ver resultados). O método de fusão IHS gerou duas imagens: (óptico + pan & óptico + SAR/Sipam)

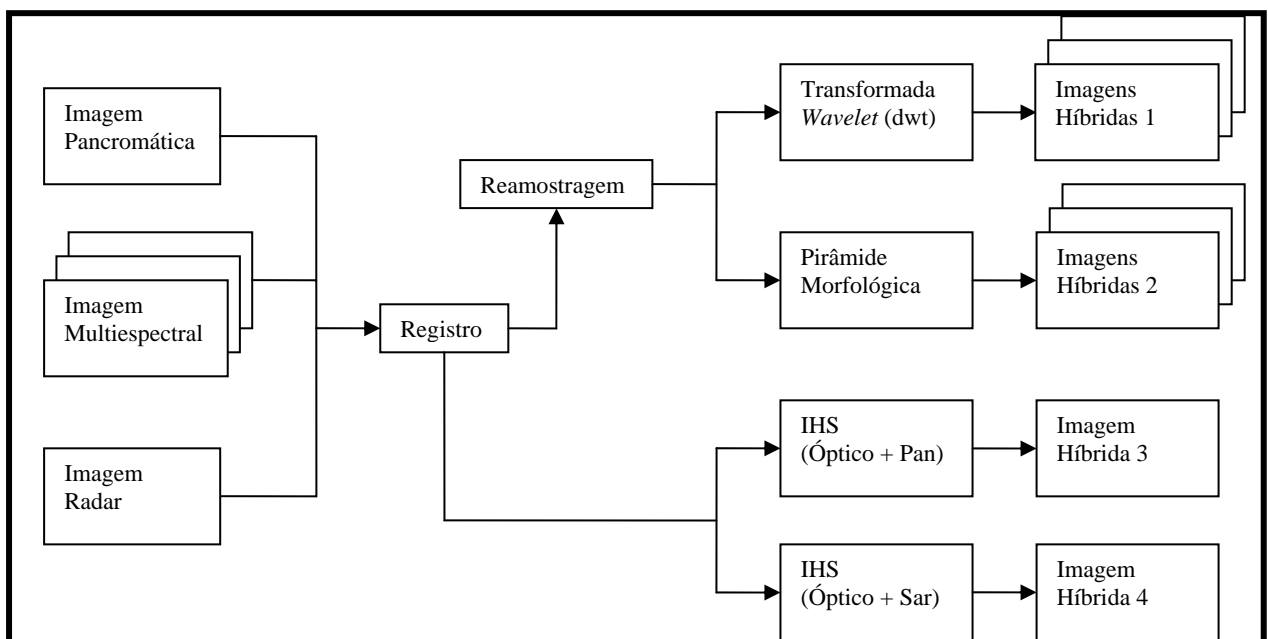


Figura 2 – Esquema do procedimento para geração das imagens híbridas (adaptado de Leonardi, 2005).

3.1 Método *Wavelet*

Inicialmente as imagens Landsat tiveram seus histogramas equalizados (0 a 255 DN), sendo recortadas no tamanho de 1500 x 1500 pixels (bandas 3, 4 e 5) e 3000 x 3000 pixels (banda 8). A próxima etapa foi a de reamostragem das bandas do visível (30m de resolução) a partir da banda pancromática (15 metros de resolução), Os resultados foram imagens de 3000 x 3000 pixels com resolução espacial de 15m. Os procedimentos supra citados foram exportados para a extensão jpg, todas com 8 bits. Todos os parâmetros acima descritos foram adotados em função da limitação e requisição do módulo do MatLab, desenvolvido no Laboratório de Sensoriamento Remoto do Instituto de Geociências da UnB, utilizado para processamento das imagens.

Estas imagens foram inseridas aos pares (bandas 3 e 8; bandas 4 e 8, bandas 5 e 8) no MatLab para a fusão utilizando os seguintes parâmetros:

- métodos de fusão:
 - DWT com DBSS (2,2)
 - Pirâmide Morfológica
- Nível: 7
- Combinação passa alta: escolha do máximo
- Área: 3
- Combinação passa baixa: média (A, B)

3.2 Método IHS

Fusão – composição colorida 5R4G3B + banda pancromática


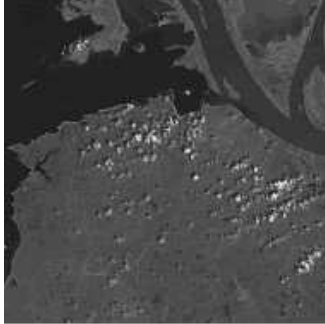
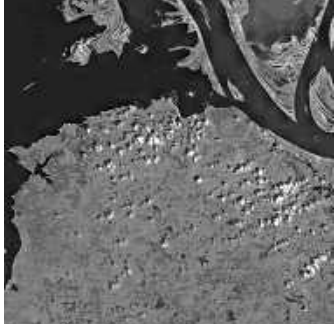
Com as imagens Landsat, a composição colorida 5R4G3B e a banda pancromática, foram efetuadas a fusão IHS. Nenhum tipo de contraste foi efetuado nas imagens, somente o georreferenciamento inicial das imagens.

Fusão – composição colorida 5R4G3B + SAR/Sipam

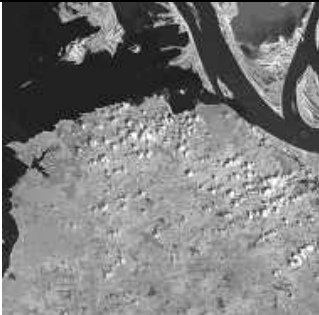
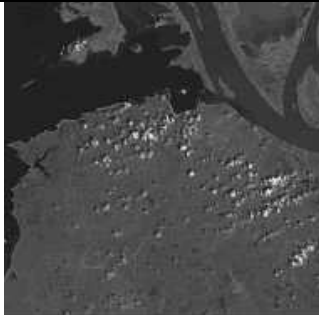

Inicialmente dispunha-se de três segmentos de imagem radar (SAR/Sipam) georreferenciados da área de estudo. Foram, então, mosaicados e em seguida recortou-se uma área de mesmo tamanho das imagens Landsat.

4 Resultados

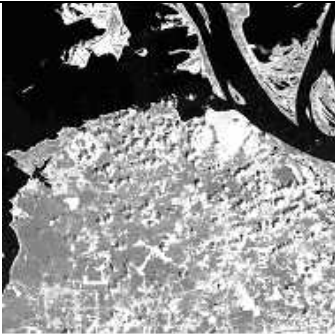
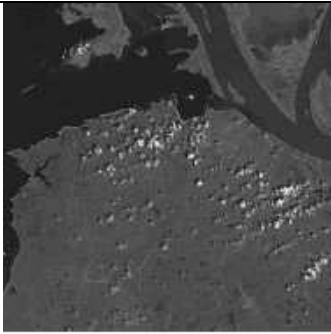
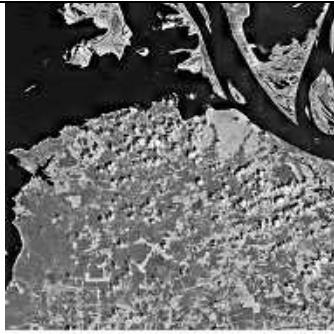
4.1 Discrete Wavelet Transform

Landsat Banda 3	Banda 8	Fusão
		

O resultado mostra que as áreas de cultivo (destaque na original) ficaram mascaradas desaparecendo quase que por completo, por outro lado, a delimitação da água ficou bem evidenciada, entretanto não se observou a distinção de água com ou sem sedimentos.


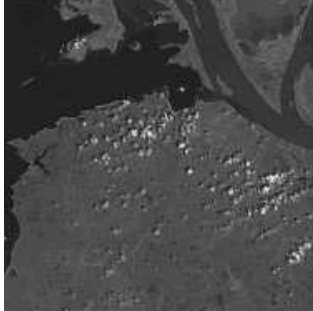

Banda 4	Banda 8	Fusão
		

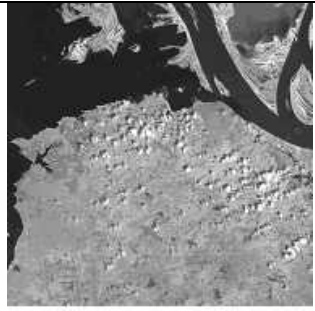
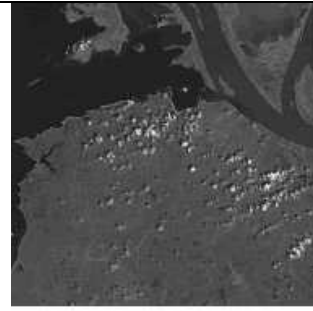
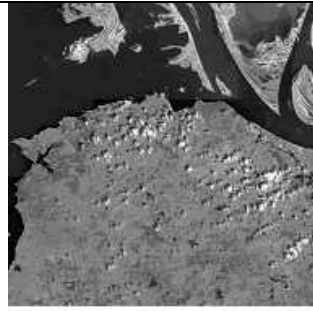
Nesta fusão ficaram bem evidenciadas as áreas de cultivos e / ou desmatamento com um pouco de confusão com nuvens. Nota-se a distinção entre águas com e sem sedimentos (porção nordeste da imagem).


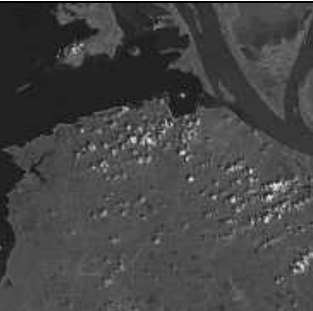

Banda 5	Banda 8	Fusão
		

Observa-se a clara distinção entre floresta e não floresta (porções de cinza médio).


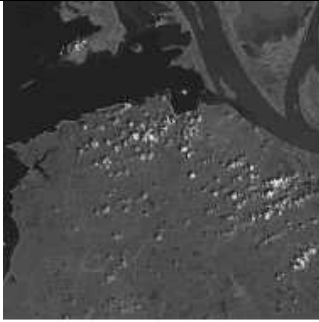

4.2 Pirâmide Morfológica




Bandas 3	Banda 8	Fusão
		
<p>A imagem torna-se mais nítida devido a melhor resolução. Evidenciam-se melhor as feições geométricas. Observa-se o surgimento de polígonos (água com sedimentos) dentro de uma mesma classe, o que não é satisfatório.</p>		

Bandas 4	Banda 8	Fusão
		
<p>Observa-se a maior nitidez na imagem, facilitando sua interpretação (alvos melhor definidos).</p>		

Bandas 5	Banda 8	Fusão
		
<p>Imagem mais nítida e com melhor definição dos alvos, em relação a original. Os alvos são facilmente diferenciados (estruturas geométricas), tanto áreas de cultivo quanto urbanizadas.</p>		

4.3 IHS – Intensidade, Matiz e Saturação

Bandas 5,4 e 3	Banda 8	Fusão
		
<p>Nítida diferenciação dos alvos com destaque para bacia de deposição de sedimentos (porção esquerda central), facilitação na delimitação dos alvos.</p>		

Bandas 5,4 e 3	SAR/Sipam	Fusão
		
<p>Melhor delimitação de feições (melhor resolução – 3m), facilitando a interpretação e discriminação dos diferentes tipos de alvos.</p>		

5 Conclusões

- Todas as fusões DWT tiveram resultados satisfatórios, a fusão banda 4 + banda 8 a que melhor retrata os diferentes tipos de alvos (melhor contraste) como solo exposto / desmatamento, área urbana, áreas de cultivo, hidrografia (com e sem sedimentos)
- Nas fusões com a pirâmide morfológica destaca-se a fusão banda 3 + banda 8 como sendo o melhor resultado, em função do maior realce das bordas. Entretanto ocorre um certo “exagero” na detecção dos diferentes níveis de sedimentos na água, (aparecimento de polígonos regulares) podendo levar a uma falsa interpretação.
- Comparando os dois métodos acima, a pirâmide morfológica por utilizar filtros de passa baixa apresenta maior contraste entre os alvos do que a transformada de wavelet (interpretação visual da imagem).
- As fusões IHS mostraram resultados satisfatórios, comprovando que quanto melhor a resolução espacial aliada a uma boa resolução espectral melhor será a discriminação dos alvos.
- Ressalta-se a necessidade que o georreferenciamento de cada uma das imagens (ópticas e radar) devem estar em acordo, isto é, na mesma base de registro.

6 Referências Bibliográficas

Livros:

Crosta, A.P. 1992. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. IG/Unicamp, Campinas, SP. 170p.

Moreira, M.A. 2003. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. UFV, Viçosa, 2 ed. 307p.

Transformações. 2004. In: ENVI 4.0. 2004. **Guia do ENVI em Português**. Research Systems Inc. & Sulsoft. Capítulo E. pp. 15-19.

Vaquero, D.A. 2004. **Pirâmides de imagens**. São Paulo, Instituto de Matemática e estatística, Universidade de São Paulo, Tópicos em Ciência da Computação, MAC5701, 39 p.

Teses:

Delmont Filho, O. 2003. **Utilização da transformada wavelet para caracterização de distúrbios na qualidade da energia elétrica**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 88p.

Pando, J. 1997. **Statistical Analysis of large scale structure by the discrete wavelet tranform**. Department of Physics, University of Arizona, Tucson, AZ. <http://www.physics.arizona.edu/~jpando/diss/dissertation/dissertation.html>

Eventos:

Leonardi, S.S.; Ortiz, J.O.; Fonseca, L.M.G. 2005. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: XII SBSR, **Anais**, pp. 4111-4113

Internet:

Wikipedia Encyclopedia. 2005. **Discrete wavelet transform**. In: http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_wavelet_transform.