

# ANÁLISE DE TÉCNICAS DE FUSÃO DE IMAGENS APLICADAS AOS SATÉLITES CBERS-2B E RAPIDEYE PARA INTERPRETAÇÃO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO MÉDIO VALE DO RIO ITAJAÍ - SC

## Autores

Bini, G.M.P. (UFSC) ; Luiz, E.L. (UDESC) ; Gerente, J. (INPE)

## Resumo

O mapeamento geomorfológico de detalhe é importante para o entendimento da configuração das formas de relevo e dos processos geomorfológicos de um local. Na falta de bases cartográficas e de material para interpretação do relevo em escala apropriada, o uso de técnicas de sensoriamento remoto, como a fusão, pode ser uma boa opção para a obtenção de imagens com maior resolução espacial, gerando ao intérprete melhores condições de visualização da área. Neste trabalho, foram aplicadas três técnicas de fusão a partir das imagens CBERS-2B pancromática e Rapideye RGB, para a interpretação de feições geomorfológicas presentes no médio vale do rio Itajaí/SC. As três técnicas de fusão utilizadas foram: HSV, Color Normalized (Brovey) Sharpening e Gram-Schmidt Spectral Sharpening, todas presentes no software ENVI 4.7. Como resultados, observa-se que, em termos de acuidade visual, o método Gram-Schmidt mostrou-se como o mais apropriado para o reconhecimento e interpretação de feições geomorfológicas.

## Palavras chaves

*fusão de imagens orbitais; interpretação visual; feições geomorfológicas*

## Introdução

As formas de relevo são o substrato onde se desenvolve as ações humanas e são materializadas as estruturas criadas pelas diferentes sociedades. No entanto, estas formas de relevo não são estáticas ao longo do tempo, elas mudam de acordo com a intensidade e a frequência de atuação de seus processos modeladores. Assim, é muito importante conhecer a origem, as características e a dinâmica das formas presentes no relevo de determinada área. Desta forma, um mapeamento geomorfológico é um instrumento valioso para fins de planejamento e ordenamento territorial. A cartografia geomorfológica espacializa e representa a gênese das formas do relevo, suas relações com a estrutura geológica e pode mostrar também a dinâmica dos processos modeladores envolvidos (CASSETI, 2005). Este conhecimento é útil para a gestão de riscos geoambientais, a gestão de recursos hídricos, o planejamento urbano e regional, uma vez que todos estes procedimentos necessitam compreender o cenário físico onde se configura a junção da ação humana com a natureza. Os fenômenos e formas representados em um mapeamento geomorfológico mudam de acordo com o grau de detalhamento da escala (TRICART, 1965). Quanto maior a escala do mapeamento, mais detalhes poderão ser representados, como a individualização de formas de relevo menores e uma melhor descrição dos processos modeladores. Infelizmente, muitas regiões do território brasileiro carecem de mapas-base de detalhe e de levantamento aerofotogramétrico para a interpretação do relevo. Uma solução para tais problemas é o uso de imagens orbitais, pois elas permitem interpretação sobre um material com geometria correta. Além disso, como principais vantagens da utilização de imagens de satélite, podem ser apontadas: a obtenção de uma única imagem de uma extensa área nas mesmas condições de iluminação (diferente de fotografias aéreas que cobrem áreas menores); a ampliação da sensibilidade humana para perceber o ambiente, pois os diferentes sensores capturam a imagem em faixas espectrais, as quais os olhos são insensíveis; e a possibilidade do processamento digital que permite aprimorar a qualidade das imagens orbitais de modo a facilitar a visualização de certas feições (CENTENO, 2009). Imagens orbitais multiespectrais podem ser obtidas gratuitamente em sites de instituições governamentais; contudo, em geral, elas estão na escala média à pequena, o que não permite a elaboração de mapeamentos geomorfológicos de detalhe. Uma possibilidade para a minimização deste problema é o uso de técnicas de fusão de imagens. O processo de fusão consiste em integrar as características de informações de duas imagens orbitais com diferentes resoluções, a fim de se obter uma nova imagem com melhor resolução, em especial, a resolução espacial. A imagem híbrida com menor tamanho de pixel proporcionará análises mais minuciosas em relação às feições geomorfológicas. O satélite sino-brasileiro CBERS-2B, cujas cenas estão disponíveis para download gratuito, possui a câmera HRC que produz imagens com

resolução espacial de 2,7 metros, permitindo assim maior detalhamento dos alvos na superfície. No entanto, o sensor opera numa única faixa espectral, a qual cobre somente o visível e parte do infravermelho próximo, resultando numa imagem pancromática. Para alcançar uma imagem multispectral de alta resolução espacial, basta fusionar a banda pancromática (com alta resolução) com outra imagem orbital RGB. Cabe ressaltar que para se obter uma imagem híbrida de qualidade, admite-se fusionar imagens orbitais cuja diferença de resolução espacial entre elas não seja superior a quatro vezes. Neste trabalho, foram aplicadas três técnicas de fusão, utilizando as imagens CBERS-2B pancromática com resolução espacial de 2,7 metros e a multispectral Rapideye com resolução espacial de 5 metros para a interpretação de feições geomorfológicas presentes no médio vale do rio Itajaí/SC. As técnicas de fusão utilizadas foram: HSV, Color Normalized e Gram-Schmidt Spectral Sharpening.

## Material e métodos

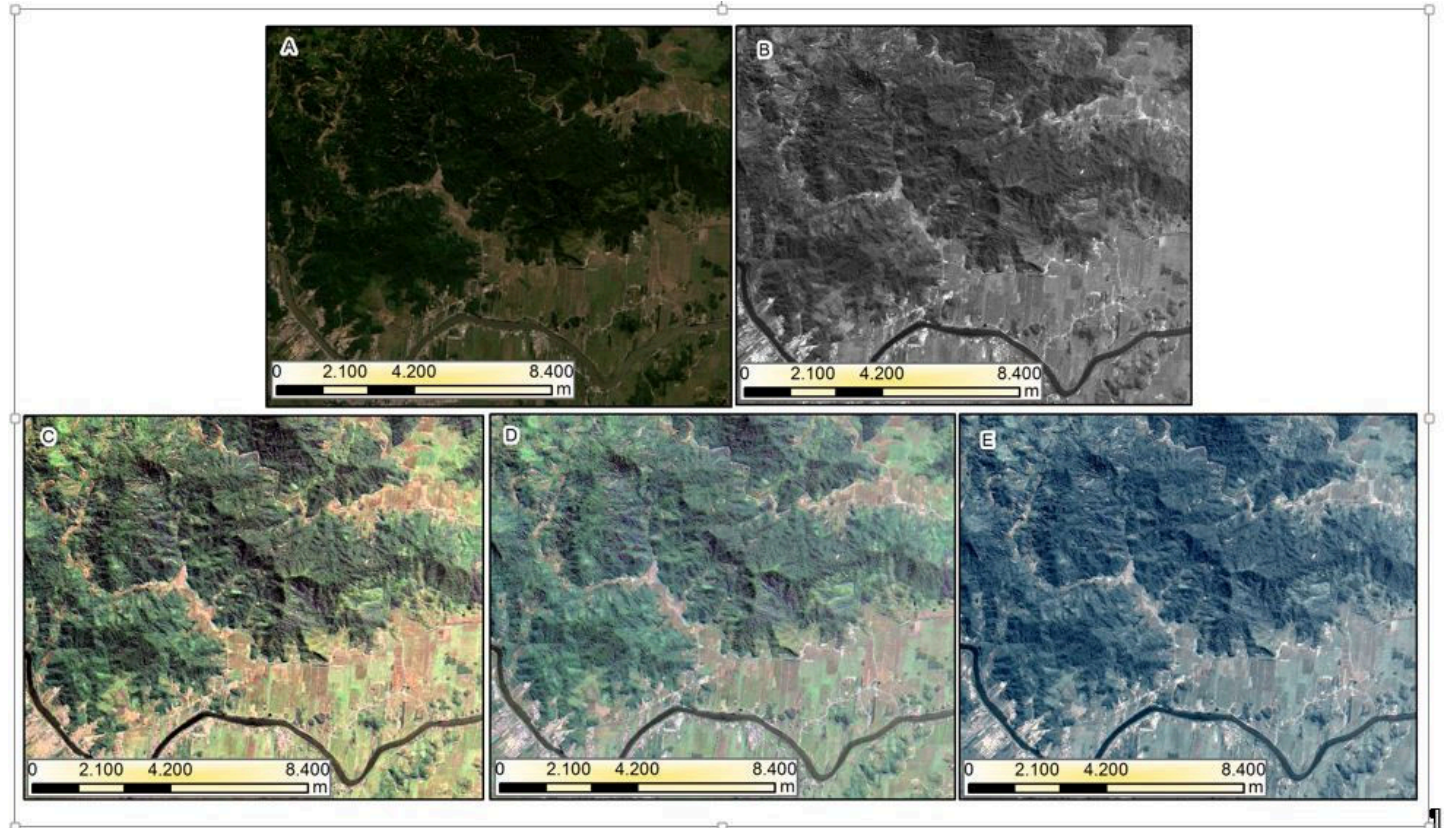
Exercendo a função de eliminar erros de geometria que ocorrem devido ao movimento do satélite e daqueles criados pela curvatura da Terra (MOREIRA, 2005), a transformação geométrica é considerada fundamental por corrigir distorções que poderiam originar inconsistência nos mapeamentos, no processo de delimitação e de determinação das feições geomorfológicas. Nesta pesquisa, a transformação foi realizada por meio de coordenadas geográficas conhecidas, utilizando 20 pontos de controle coletados na cena e dispersos nas imagens. A imagem base para correção da imagem RapidEye foi a imagem CBERS (pancromática) ortorretificada e cedida pelo laboratório de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. O resultado da correção foi satisfatório e depois de corrigida foi adotado o sistema de projeção UTM, datum SAD 69, fuso 22 Sul. Em seguida, foi realizada a correção atmosférica, utilizada para minimizar os efeitos atmosféricos causados pelo espalhamento da radiação eletromagnética. A técnica utilizada foi a do pixel escuro que consiste em assumir o efeito de espalhamento atmosférico como espacialmente uniforme, ou seja, em regiões onde os valores dos pixels se apresentem superior a zero, tais valores devem ser diminuídos, pois valores acima de zero são oriundos unicamente do espalhamento atmosférico (LILLESAND E KIEFER, 2000; CENTENO, 2009). Posterior ao pré-processamento das imagens, foram realizadas as fusões no programa de processamento digital de imagens ENVI 4.7, que contempla os três métodos testados neste trabalho. O método de fusão HSV (Hue, Saturation e Value) ou IHS (Intensidade, Matiz e Saturação) transforma a imagem RGB (modelo de cor cúbico) para uma outra dimensão de cores (modelo cônico). Neste processo, as componentes saturação e matiz isolam os valores espectrais e a componente intensidade é substituída pela banda pancromática e, em seguida, a transformação inversa é aplicada, voltando ao sistema RGB com uma imagem de melhor resolução espacial (FLORENZANO, 2011; CENTENO, 2009). O método Color Normalized (Brovey) Sharpening utiliza uma combinação matemática entre a imagem multispectral e a pancromática. Nesta normalização, cada banda multispectral é multiplicada pela razão da banda pancromática e dividida pela soma de todas as demais bandas coloridas (VRABEL, 1996; ITT, 2009). A combinação matemática pode ser executada por meio de três interpoladores: convolução cúbica, vizinho mais próximo e o bilinear. Para a fusão Color Normalized aqui apresentada, utilizou-se o algoritmo vizinho mais próximo que automaticamente reamostra o tamanho de pixel das bandas RGB para o mesmo da banda pancromática (ITT, 2009). O método Gram-Schmidt Spectral Sharpening, simula primeiramente uma banda pancromática (alta resolução) mediante a média dos valores de pixel das bandas multispectrais (baixa resolução). Em seguida, realizam-se para as imagens de ambas as resoluções, uma transformação matemática denominada Gram-Schmidt, nesta etapa a banda pancromática simulada é utilizada como primeira banda. Após este procedimento, a banda pancromática é substituída por essa primeira banda Gram-Schmidt. Para a finalização do processo, a banda espectral fusionada é gerada por meio uma transformação inversa do método Gram-Schmidt (AIAZZI et al, 2006; ITT, 2009). Como resultado da aplicação desses três métodos de fusão foram geradas imagens híbridas com resolução espacial de 2,7 metros, as quais foram avaliadas mediante interpretação visual de algumas feições de relevo como anfiteatro, contato entre planície e relevo, cristas e colinas.

## Resultado e discussão

O mapeamento de formas de relevo e processos modeladores depende da qualidade do material para interpretação, do conhecimento prévio de campo, além da capacidade técnica da pessoa ou equipe que está realizando tal mapeamento. Contudo, a qualidade do material disponível para a visualização do conjunto do relevo e das feições criadas como evidências da atuação dos processos geomorfológicos, tais como barras de canais, dunas, canais entrelaçados, entre outras, é muito importante, uma vez que cria a condição para em laboratório mapear grandes áreas do território, deixando apenas dúvidas para serem resolvidas em campo. As imagens híbridas geradas em cada uma das técnicas de fusão empregadas apresentaram resolução espacial de 2,7 metros, o que é um resultado satisfatório, pois permite a visualização de detalhes das feições relevo com esse tamanho. Esta já era a resolução da imagem pancromática, contudo, as imagens híbridas permitem a identificação mais acurada das feições a partir de uma visualização colorida (RGB). O conjunto de sombras e áreas iluminadas nas imagens híbridas permite uma visualização semelhante a três dimensões. O que facilita a interpretação do relevo. A falta de estereoscopia das imagens de satélites que não possuem rotação de ângulo de visada durante a aquisição é uma das suas desvantagens em relação àquelas que possuem e aos pares estereoscópicos de fotografias aéreas. Porém, a boa resolução espacial aliada à textura e as iluminações/sombreamentos presentes nas imagens contribuem para minimizar este problema. Outra vantagem de imagens com boa resolução espacial é a possibilidade de alternar a visualização para menos ou mais zoom, facilitando a observação da forma como um todo ou de apenas algum detalhe dela, ou ainda, do compartimento (conjunto de formas) ou de apenas uma das formas que o constitui. Pode-se observar na Figura 1a que a cena da imagem Rapideye tem menor detalhamento espacial do que a imagem pancromática ao lado e por isso menos acurácia visual para se interpretar o relevo, o qual mostra um compartimento de morros e montanhas junto à planície do rio Itajaí situados nos municípios de Gaspar e Ilhota/SC. Nas três imagens híbridas, parecem ficar melhor ressaltadas as feições de divisores e talwegues no compartimento das elevações e as manchas de solo exposto na planície. O contato planície-encosta é mais fácil de ser delimitado nas imagens híbridas, especialmente aquela gerada pela técnica Gram Schmidt (Figura 1E). Observa-se em trabalhos da literatura especializada que o método Gram Schmidt também se apresenta superior em relação às outras técnicas utilizadas (PINHO et al, 2005; LUZ et al, 2009; PESCK et al, 2011; SOUZA et al, 2012; AGUIAR e BATISTELLA, 2013; entre outros.). A Figura 1 apresenta as imagens originais e as imagens híbridas resultantes de cada técnica de fusão testada. Sendo as letras “A” e “B” correspondentes à imagem original (A - multispectral Rapideye e B - imagem pancromática CBERS-2B) e as letras “C”, “D” e “E” correspondentes às imagens híbridas (C - HSV; D - Color Normalized; E - Gram Schmidt). Na Figura 2, é mostrado o detalhe de um relevo colinoso junto à planície do rio Itajaí/SC no município de Ilhota/SC. Ele praticamente não é diferenciado na imagem original Rapideye apesar de sua boa resolução espacial. A fusão com a imagem pancromática do satélite Cbers permitiu a inserção de sombras e iluminação que geram volume na imagem e, por isso, facilitam a visualização desta forma de relevo e sua delimitação. Entre as três técnicas de fusão utilizadas, a Color Normalized Spectral (Brovey) e a Gram-Schmidt Spectral Sharpening foram as que deram melhores respostas para a visualização desta feição da cena utilizada. O resultado da fusão pela técnica HSV não foi satisfatório, provavelmente por causa da diferença do histograma das imagens pancromática e multispectral. Nesta técnica a imagem é transformada do espaço modelo de cor cúbico – espaço RGB para o modelo de cores cônica – sistema IHS (intensidade, matiz e saturação). Posteriormente, a componente intensidade é substituída pela imagem pancromática para em seguida fazer a operação inversa, voltando ao sistema RGB. Ao aplicar a operação inversa, caso o histograma da imagem pancromática não seja devidamente ajustado de maneira que fique parecido com o histograma da imagem associada a intensidade, o resultado para o produto final pode ficar fora do cubo de cores definidos pelas componentes

RGB. Assim, ocorrem alterações das características espectrais da imagem original, gerando consequências negativas na imagem híbrida (CENTENO, 2009). Outro fator que desfavorece o método HSV, nesta situação, é o fato de se poder utilizar apenas três bandas multiespectrais para fusão. Nos terrenos mais movimentados do compartimento de morros e montanhas, as imagens híbridas produzidas pelas técnicas de fusão ressaltam divisores em cristas e linhas de drenagem, como é o caso da bacia mostrada na Figura 3. Em especial, a imagem híbrida produzida pela técnica Gram-Schmidt Spectral Sharpening (Figura 3 D) apresenta uma visualização muito acurada dos divisores desta bacia, permitindo a delimitação da sua área, mesmo sem o recurso da estereoscopia. No trecho de planície visualizado na Figura 4, as imagens híbridas produzidas pelas técnicas Color Normalized (Brovey) e Gram-Schmidt Spectral Sharpening mostram diferentes feições como canais artificiais de drenagem, trechos de leitos abandonados e um morro isolado ao sul. Elas apresentam uma boa qualidade de suas acurácias visuais neste setor, permitindo a diferenciação de feições, apesar dos pequenos desníveis dos terrenos de planície. Em todas as áreas discutidas em detalhe a partir da cena trabalhada na presente pesquisa, as imagens híbridas mostram melhor as feições do relevo do que a imagem original RGB. Isto porque elas apresentam-se mais claras e tem ressaltado o conjunto de áreas escuras e iluminadas. Estas imagens têm maior acuidade visual, porque é possível observar melhor as texturas e volumes dos alvos.

figura 1



Compartimentos de relevo (elevações e planície) da cena amostrada. A- Rapideye; B- fusão HSV; C fusão Color Normalized; D- fusão Gram-Schmidt.

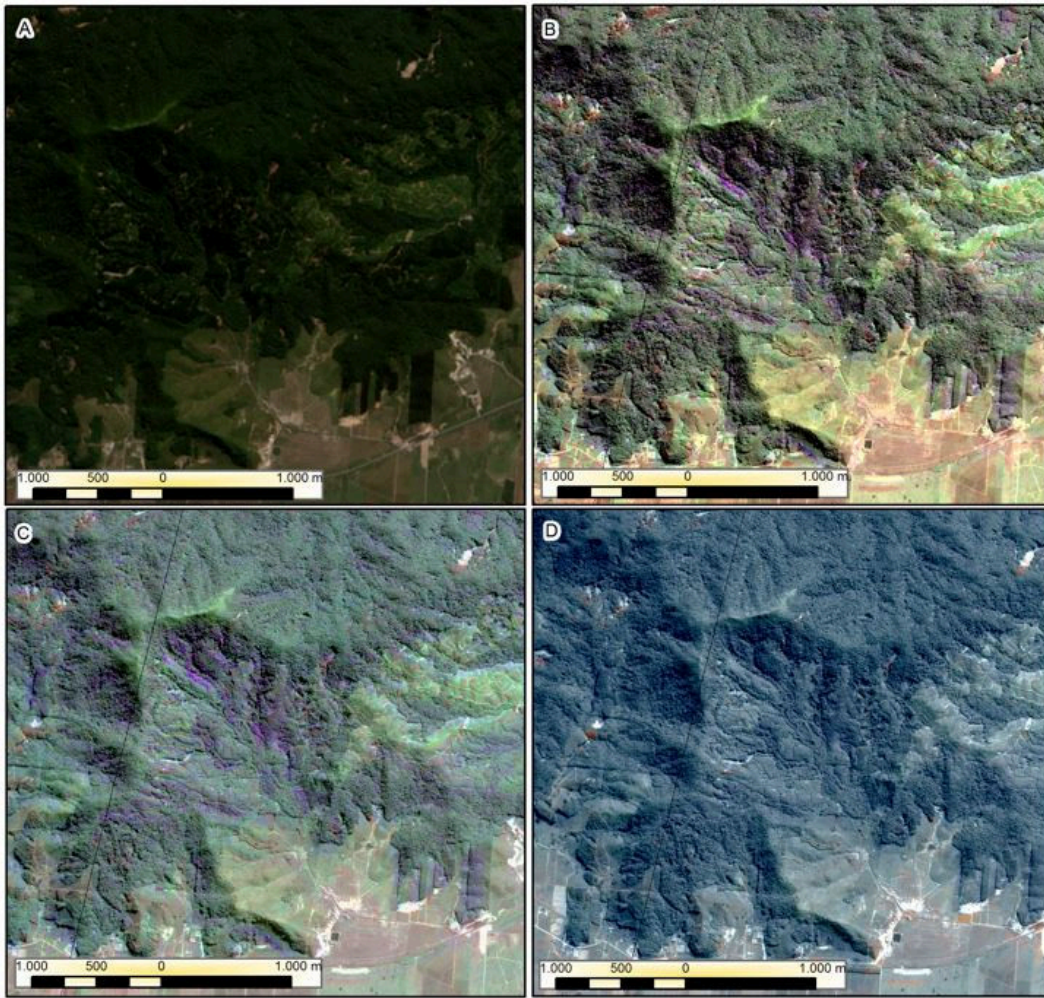
Figura 2





Relevo de colinas junto à planície do rio Itajai, em Ilhota/SC. A- Rapideye; B- fusão HSV; C- fusão Color Normalized; D- fusão Gram-Schmidt.

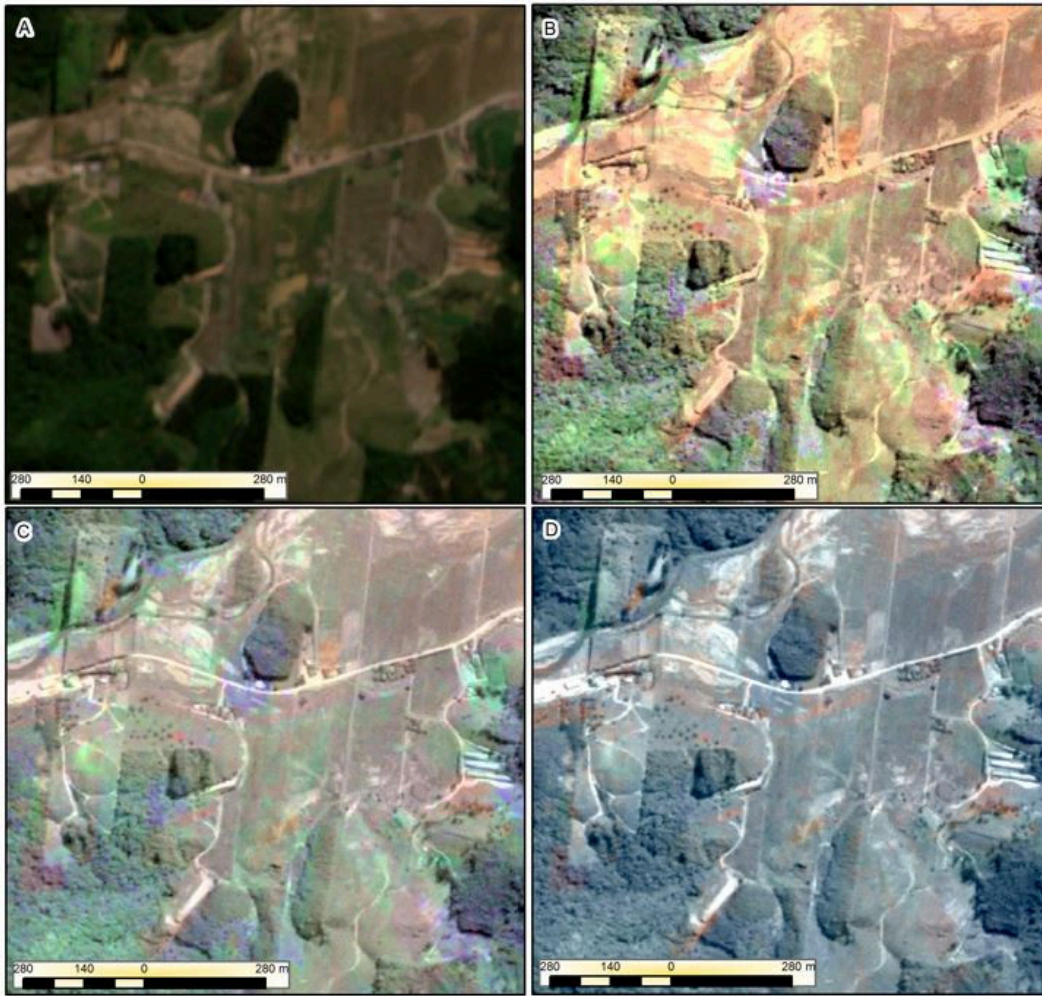
Figura 3



Pequena bacia afluente do rio Itajaí, limite de Gaspar e Ilhota/SC. A- Rapideye; B- fusão HSV; C fusão Color Normalized; D- fusão Gram-Schmidt.

Figura 4





Trecho de planície do rio Itajaí, no município de Ilhota/SC. A- Rapideye; B- fusão HSV; C fusão Color Normalized; D- fusão Gram-Schmidt.

## Considerações Finais

A geração de imagens híbridas com resolução espacial maior aprimora a acuidade visual, permitindo a melhor identificação de formas e processos geomorfológicos (a partir das feições deixadas por eles na paisagem) e o mapeamento em maior escala. Entre as três técnicas de fusão utilizadas, a Gram-Schmidt mostrou os melhores resultados para a identificação de formas de relevo, tanto em terrenos suaves de colinas e planícies, quanto em áreas de relevo movimentado de morros e montanhas. Além disso, as imagens híbridas geradas pela técnica Gram-Schmidt possuem uma coloração mais uniforme, com menor presença de fragmentos coloridos espalhados nas imagens e, portanto, mais próxima àquela observada pelo olho humano. Em geral, o método Color Normalized apresentou bons resultados, ainda que inferiores ao da técnica Gram-Schmidt, porém aplicáveis ao mapeamento geomorfológico. Por outro lado, o método HSV não produziu uma imagem adequada para este fim. A boa resolução espacial associada ao conjunto de sombras e iluminação sobre os alvos da imagem permitiu a visualização de volume, o que auxilia na interpretação 3D do relevo, mesmo sem o recurso da visão estereoscópica. A confecção de imagens fusionadas com resoluções espaciais e espectrais adequadas ao mapeamento geomorfológico a partir de imagens originais não tão boas, mas disponíveis gratuitamente, pode resolver o problema de ter que se mapear áreas sem levantamento aerofotogramétrico e sem a existência de mapas-base em escala adequada.

## Agradecimentos

## Referências

- AGUIAR, C. R.; BATISTELLA, D. Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2013. v. 16. p. 2188-2192.
- AIAZZI, B.; BARONTI, S.; SELVA, M.; ALPARONE, L. Enhanced Gram-Schmidt spectral sharpening based on multivariate regression of MS and pan data. Proceeding IEEE IGARSS, 2006, p. 3806-3809.
- CASSETI, V. Geomorfologia. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em dezembro de 2014.
- CENTENO, J. A. S. Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, 2009.
- FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto – 3. ed. Ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

- LILLESAND, T.; KIEFER, R. Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley & sons, 2000.
- LUZ, J.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; GARRASTAZÚ, M.C. Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. Anais do 14º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009.
- MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2011.
- PESCK, V. A.; DISPERATI A. A.; SANTOS J. R. Comparação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird-2. Floresta e Ambiente, v. 18, 2011, p. 127-134.
- PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.
- ITT Visual Information Solutions, ENVI User's Guide. ENVI Version 4.7 August, 2009. Manual presente no software ENVI 4.7.
- SOUZA, R. F.; PEREIRA, G. H. A.; SILVA, F. M. M.; CENTENO, J. A. S. Avaliação da qualidade de fusão e imagens. In: III Simpósio Brasileiro de Geomática, 2012, Presidente Prudente - SP. Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomática, 2012. v.1. p. 181-186.
- TRICART, J. Principes et méthodes de la Geomorphologie. Paris: Masson Ed., 1965.
- VRABEL, J. Multispectral imagery band sharpening study. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 62, n. 9, 1996, p. 1075-1083.

## REALIZAÇÃO



(<http://www.uqb.org.br/>)



(<http://www.uem.br/>)



(<http://www.pge.uem.br/>)

**DGE** Departamento de Geografia (<http://www.dge.uem.br/>)



(<http://www.gema.uem.br/>)

## APOIO



(<http://www.ufpr.br/>)



(<http://www.unioeste.br/>)



(<http://portal.uepg.br/>)



(<http://www.rc.unesp.br/>)



(<http://www.unicesumar.edu.br/>)



## PATROCINADORES



(<http://www.uem.br/>)



XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB - União da Geomorfologia Brasileira  
(<http://www.jqi.com.br/>)