

O registro e o uso da técnica de fusão de imagens para análise da cobertura e uso da terra na sub-bacia hidrográfica Arroio Pimenta, Arroio do Padre-RS

Andersson Rodrigues Peter¹
Erika Collischonn²
Rosangela Lurdes Spironello²

¹ Universidade Federal de Rio Grande - FURG
Caixa Postal 96201-900 - Rio Grande - RS, Brasil
arodriguespeter@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Pelotas - UFPEL
Caixa Postal 96010-770 515 - Pelotas - RS, Brasil
{spironello, ecollischonn}@gmail.com

Abstract. Registration is one of the first steps in image processing, necessary to integrate spatial data into one common coordinate system. With the adjusted images it is possible to make image fusion, which consists of a technique to fuse multispectral and panchromatic images, providing a hybrid image with enhanced resolution. Based on these statements, the study initially evaluates the ability of Regeemy 0.2.43 in the georeference of images from different sensors. Their results are later used to create fused images, by IHS-transformation. Finally, we evaluated the use of these images to identify land use and land cover patterns in the Arroio Pimenta basin, in the municipality of Arroio do Padre-RS. The results demonstrate that the fused images obtained from CBERS sensors -CCD and HRC - produced good results, making easier the identification of different land cover types in this area where small farms predominate.

Key-words: IHS-transformation, sensor CCD, sensor HRC, software Regeemy 0.2.43.

1. Introdução

As imagens de sensoriamento remoto representam importante ferramenta no que tange ao monitoramento dos processos e fenômenos que são desencadeados na superfície terrestre, tanto em escala local até global, principalmente pela visão sinóptica que proporcionam (CRÓSTA, 1993). A partir delas se torna possível realizar estudos e levantamentos geológicos, ambientais agrícolas, cartográficos, além de se constituírem como uma das principais fontes de informação para a elaboração de mapas, principalmente, pela frequência com que são disponibilizados (FLORENZANO, 2002). Entretanto, dependendo das características do fenômeno que se pretende analisar, se torna necessária a realização de um pré-processamento dessas imagens, com o intuito de ajustá-las ou, até mesmo, destacar determinados alvos de interesse (SANTOS et al., 2010).

O registro é uma das primeiras etapas do processamento de imagens, que se baseia na obtenção de pontos de controle para o ajuste da cena, a partir de um sistema de projeção cartográfico (FEDOROV, 2003). Em outras palavras, consiste em uma transformação geométrica, por meio do qual as linhas e colunas das imagens são relacionadas com as coordenadas de um sistema de referência. As imagens do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) são disponibilizadas na internet gratuitamente (INPE, 2012a), entretanto, com erros de posicionamento, que são causados pelo processo de formação da imagem, bem como, pelo sistema sensor e pela imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (INPE, 2012b) e, em função desses fatores, torna-se necessária a realização do seu registro.

Com as imagens ajustadas ou registradas é possível efetuar o processamento de fusão, que consiste em uma técnica capaz de unir a informação das diferentes bandas espectrais com a resolução espacial da banda pancromática (WALD et al., 1997). Ventura (2002) complementa ao definir o processo de fusão como um conjunto de ferramentas e técnicas desenvolvidas para combinar as informações advindas de diferentes sensores. Além disso, tem como

finalidade sintetizar uma nova imagem com resolução espacial melhorada, preservando as características espectrais originais (LEONARDI et al., 2007).

Logo, o melhoramento da resolução espacial aliado à resolução espectral nos permite analisar a cobertura e uso da terra em áreas onde as parcelas agrícolas têm menor dimensão, necessitando de uma maior resolução a fim de diferenciar, da melhor forma possível, os padrões de uso. Apesar da técnica de fusão por meio da transformação IHS já ter sido amplamente utilizada e testada (ADAMI et al., 2007; FREITAS et al., 2009; SALGADO et al., 2009; CUNHA; COSTA, 2010; CURTARELLI; ARNESEN, 2010), esse trabalho se propôs analisar seus resultados em áreas que apresentam relevo de ondulado a fortemente ondulado (RADAMBRASIL, 1986), como é o caso da conformação geomorfológica em que se insere área de estudo, cuja distribuição espacial de uso da terra se dá por pequenas propriedades rurais. Esses fatores acabam dificultando o processo de aquisição dos pontos de controle e conseqüentemente a realização do registro com baixos erros de posicionamento, o que pode comprometer o processo de fusão, já que as imagens devem ser registradas com o mínimo de erro possível para que ocorra o ajuste correto do sistema de cores.

Mesmo com a boa qualidade das imagens, nos mais diversos aspectos, entre esses a resolução espacial, as imagens CBERS-CCD (20 metros de resolução espacial) ou LANDSAT-TM (30 metros de resolução espacial), não permitem diferenciar satisfatoriamente os padrões de uso e cobertura da terra em áreas com as características descritas anteriormente. Diante disso entende-se que por meio do ajuste na resolução espacial das imagens CBERS, a partir da fusão do sensor CCD com o HRC (pancromática com 2,7m de resolução espacial) seja possível realizar a análise da cobertura e uso da terra com maior detalhe.

Diante do que foi exposto o trabalho tem como objetivo averiguar como se comporta o sistema semiautomático de registro e mosaico de imagens, ou seja, o Regeemy 0.2.43, no registro de imagens de diferentes sensores, a fim de avaliar os seus resultados para a obtenção de uma imagem fusionada, pela transformação IHS, para análise da cobertura e uso da terra na sub-bacia hidrográfica Arroio Pimenta, localizada no município de Arroio do Padre-RS.

2. Metodologia de Trabalho

A sub-bacia hidrográfica Arroio Pimenta encontra-se, quase que totalmente, inserida no município de Arroio do Padre, Rio Grande do Sul. Para ser mais exato 88% da área de estudo (3951,56ha) localiza-se neste município, e os demais 533,79ha no município de Pelotas, totalizando 4485,35ha.

A sub-bacia situa-se entre as coordenadas 31°22'44" e 31°27'10"S e 52°20'48" e 52°29'10"W. O mapa da área de estudo em seu contexto regional pode ser visualizado na figura 1.

Segundo Heiden e Iganci (2009), na região da encosta do sudeste, onde a área de estudo se localiza, a composição da flora mostra influência de espécies arbóreas típicas da mata atlântica. Nas áreas baixas e menos inclinadas, predominam os campos, capões, matas de galeria e banhados, enquanto que nos vales e nas encostas suaves ou íngremes, se desenvolvem os capões e matas de encosta de Floresta Estacional Semidecidual. Em função do relevo variar de ondulado a fortemente ondulado e do histórico de colonização, com predominância da pequena propriedade rural, os ecossistemas e agroecossistemas se distribuem como uma colcha de retalhos, alternando matas, campos nativos e cultivos. Cabe salientar que na área de estudo as parcelas, seja de cultivo, de pastagem, de floresta nativa ou mesmo de floresta cultivada, têm dimensão menor, em muitos casos, do que um hectare.

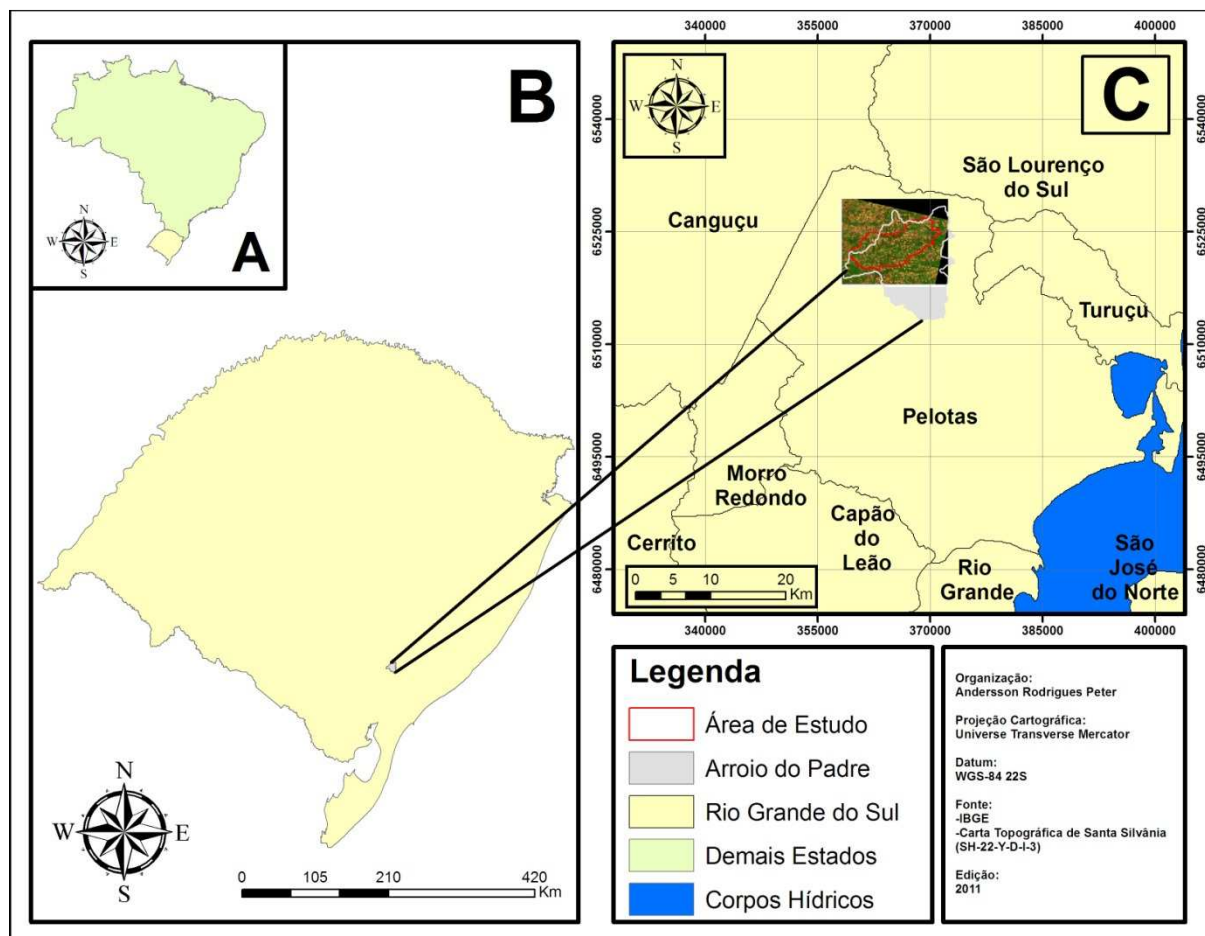


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. A) Em destaque a localização do Estado do Rio Grande do Sul no Brasil; B) Em destaque a localização do município de Arroio do Padre no Rio Grande do Sul; C) Em destaque a área de estudo sobreposta à imagem fusionada.

No que diz respeito ao processamento digital das imagens de satélite, esta etapa foi realizado no software Spring 5.1.7 (CAMARA et al., 1996). Segundo o INPE (2004) o processamento digital de imagens consiste de um conjunto de técnicas a ser aplicado sobre as imagens digitais, com o intuito de facilitar a identificação e a extração das informações.

As imagens processadas foram: CBERS-2B, sensor CCD órbita/ponto 158/135 e sensor HRC órbita/ponto 158-C/135-4 de novembro de 2007 (INPE, 2012a). A escolha dessas imagens se justifica pelas suas resoluções espaciais, ou seja, 20m e 2,7m respectivamente, o que facilita a interpretação das informações contidas nas mesmas, e por não haver cobertura de nuvens na área correspondente aos limites da sub-bacia. Entretanto Silva et al. (2007) destacam que é necessário realizar o registro dessas, pois a imprecisão dos dados orbitais acarreta em variações de escala ao longo de sua órbita, distorcendo a sua real posição na superfície terrestre.

O registro foi realizado no software Regeemy 0.2.43 (FEDOROV, 2003), no qual é possível coletar os pontos de controle de forma automática, a partir de uma imagem base já registrada. A imagem base selecionada foi a Landsat-5 ortorretificada, órbita/ponto 221/082 de dezembro de 2006, processadas pela National Aeronautics And Space Administration (NASA) e disponibilizadas gratuitamente via internet (GLOBAL LAND COVER FACILITY, 2011). A partir desta imagem, primeiramente, foi realizado o registro da imagem CBERS-2B CCD, para posteriormente se registrar a imagem CBERS-2B HRC, com base na imagem CCD. O interpolador utilizado nesta etapa foi o Nearest Neighbor.

Após efetuou-se a restauração de todas as bandas das imagens CCDs a fim de que as mesmas apresentassem resolução espacial de 10 metros. Além dessa finalidade Adami et al. (2007) ressaltam que o processo de restauração tem como objetivo reduzir o borramento da imagem, inserido pelo sensor no momento da sua aquisição.

Feito isso, executou-se a reamostragem das imagens CCDs restauradas para uma grade com 2,5 metros de pixel, o que corresponde, aproximadamente, a resolução espacial da imagem HRC (2,7m). Santos et al. (2010) complementam ao afirmar que a reamostragem além de aumentar a resolução do pixel, tem como finalidade ajustar no mesmo retângulo envolvente as imagens selecionadas. O interpolador utilizado nesse processo foi o Bilinear, que segundo o mesmo autor garante uma transição suave entre as cores.

Com as imagens ajustadas, aplicou-se o processo de fusão, que nesse caso, buscou-se gerar uma imagem contendo a resolução espectral das bandas do CDD (região do visível ao infravermelho próximo do espectro eletromagnético) e a resolução espacial (2,7m) da imagem pancromática HRC. A transformação utilizada no processo foi a IHS-RGB. Segundo Crósta (1993) o espaço de cores IHS é uma forma alternativa ao espaço de cores RGB, pois o primeiro é definido pelos atributos de Intensidade (Intensity-I), Matiz (Hue-H) e Saturação (Saturation-S). O mesmo autor destaca que esses atributos podem ser analisados e manipulados individualmente, o que não é possível no espaço de cores RGB.

Após a fusão, realizou-se o realce da imagem a partir da manipulação do seu histograma, a fim de identificar melhor os alvos contidos na imagem. Feito isso, partiu-se para a escolha da composição falsa-cor a ser utilizada para avaliação do resultado, optando-se pela 2(B)3(R)4(G). A partir desta foi possível discernir de forma clara, a cobertura florestal dos demais tipos de usos.

3. Resultados e Discussão

A melhora na definição dos elementos da imagem híbrida (fusionada) é substancial em relação à imagem original, sendo possível notar, por exemplo, feições de altíssimo detalhamento, como a mata ciliar, o que é de grande valia para trabalhos que objetivam realizar o mapeamento atualizado da rede de drenagem. Além de facilitar o processo interpretativo da imagem Cunha e Costa (2010) destacam que a partir das imagens fusionadas é possível realizar cálculos de áreas mais precisos, principalmente em locais de difícil acesso e alvos complexos. Na figura 2 (A; B), pode ser observado em detalhe um pequeno trecho de mata ciliar na imagem original e na imagem fusionada. Nota-se que na imagem original é bastante complicado distinguir a mata ciliar dos demais fragmentos florestais do seu entorno.

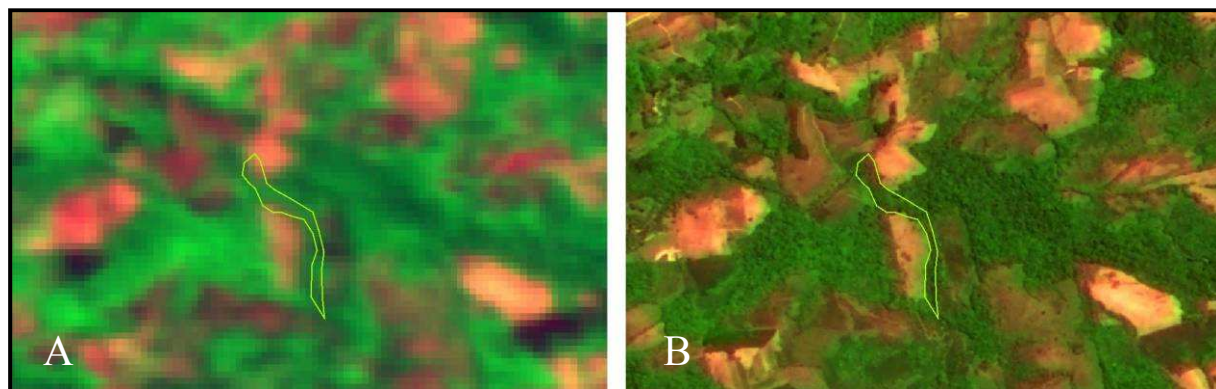


Figura 2. Em destaque pequeno trecho de mata ciliar. A) Imagem CCD original composição falsa-cor 2(B)3(R)4(G); B) Imagem fusionada CCD-HRC composição falsa-cor 2(B)3(R)4(G)

Entretanto, há de salientar que, devido a dificuldade de se encontrar pontos compatíveis para o registro da imagem HRC em função da CCD, pelos motivos já descritos anteriormente,

não foi possível realizar um registro preciso, mesmo com 507 pontos bem distribuídos pela imagem e erro médio quadrático (RMS) de 0,8589. Essa constatação também foi feita por Cunha e Costa (2010), que salientaram que mesmo com erro médio quadrático de 0,010 pixels, não foi-lhes possível a obtenção de um excelente ajuste entre as cenas. Complementando essa afirmação Curtarelli e Arnesen (2010) afirmam que o registro entre as imagens do sensor CCD e HRC deve ser executado com o menor erro possível, a fim de se evitar a criação de artefatos na imagem fusionada, em função do deslocamento aparente. Como visto o cuidado no processo de registro se mostra fundamental, pois os erros de posicionamento acabam provocando distorções na resolução espectral, o que pode corroborar com equívocos no processo de classificação da imagem. Na figura 3 (A; B) percebe-se, principalmente no uso com solo exposto (laranja), que houve um deslocamento da imagem original (figura 3A) se comparada com a imagem fusionada (figura 3B).

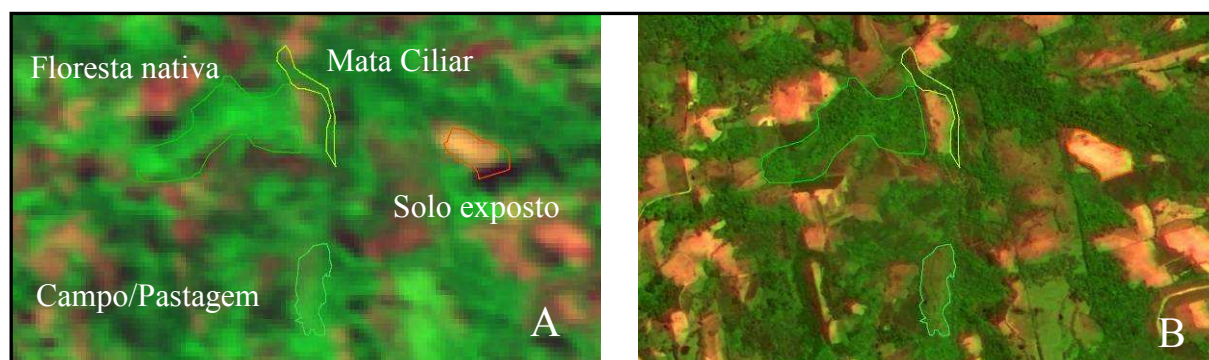


Figura 3. Em destaque diferentes tipos de uso da terra, como fragmentos florestais de mata nativa, áreas de campo/pastagens, pequenos trechos de mata ciliar e áreas de lavouras com solo exposto. A) Imagem original, sensor CCD com resolução espacial de 20m; B) Imagem fusionada, sensor CCD-HRC com resolução espacial de 2,5m.

Apesar dos erros de posicionamento pode-se afirmar que não houve influência, de maneira satisfatória, no resultado final. Além disso, os erros não estão relacionados somente a questões de configuração do software Regeemy, mas também, pelo fato das diferenças de resolução espacial e espectral entre as imagens. Mesmo com problemas dessa natureza, a melhora na resolução espacial possibilitou o reconhecimento dos padrões da cobertura e uso da terra de forma mais precisa. Isto ficou evidenciado ao se comparar, na imagem original da figura 2A, as áreas de fragmentos florestais nativos, que podem ser facilmente confundíveis tanto visualmente como espectralmente, com as áreas de pastagens. Já na imagem fusionada (figura 2B) essas áreas podem ser facilmente separáveis, não somente pela questão espectral, mas também pela maior rugosidade das áreas de florestas em relação às áreas de campo ou pastagem. Além disso, as imagens fusionadas podem servir para trabalhos de campo, bem como, para o planejamento de atividades que visam o reconhecimento das feições da superfície terrestre de forma clara.

Por meio dessa técnica percebeu-se que o mapeamento pode ser realizado em escala de detalhe, possibilitando a análise da cobertura e uso da terra em fragmentos espaciais com as características da área de estudo, de maneira eficiente, diminuindo então os possíveis erros ocasionados quando são realizados com imagens de média resolução espacial. Por fim, pode-se afirmar que os dados apresentados são compatíveis com escalas de mapeamento entre 1:20000 e 1:30000.

4. Conclusões

A técnica de fusão a partir da junção entre as bandas espectrais do sensor CCD com a banda pancromática do sensor HRC se mostrou de grande valia para o posterior processo de

classificação e mapeamento em detalhe dos diferentes alvos na área de estudo, visto que facilitou o processo de identificação dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra.

O software Spring 5.1.7, utilizado no processamento das imagens, também se mostrou satisfatório, além de ser intuitivo e de fácil manuseio, possibilitou a realização das rotinas de maneira rápida, sendo eficiente nos processos de reamostragem e restauração. Ademais, todas as etapas foram realizadas com baixo custo, já que o Spring é um software livre e as imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo INPE.

Além disso, se percebeu a competência e capacidade do software Regeemy 0.2.43, também disponível gratuitamente, em executar o registro semiautomático das imagens. Vale lembrar que os erros de posicionamento encontrados não estão relacionados somente as rotinas de programação empregadas no software, ou ao manuseio por parte do usuário, mas também, pelo fato das imagens apresentarem resolução espacial e espectral diferenciadas, o que acaba dificultando a aquisição dos pontos de controle e, conseqüentemente, o processo de registro.

Em suma, deve-se destacar a qualidade das imagens empregadas para a realização do processo de fusão, não somente pela sua resolução espectral que possibilita detectar os diferentes alvos da superfície terrestre a partir de suas respostas em distintas regiões do espectro eletromagnético, mas também, pela sua resolução espacial, já que propiciou identificar as características e os padrões de organização espacial na área de estudo.

5. Referências Bibliográficas

ADAMI, M.; DEPPE, F.; RIZZI, R. et al. Fusão de imagens por IHS para melhorar a identificação de uso do solo em elementos amostrais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 529–536, 2007.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395–403, 1996.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de imagens de sensoriamento remoto**. ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993.

CUNHA, A. C.; COSTA, F. P. M. Fusão de imagens dos satélites CBERS 2B HRC e LANDSAT 5 TM. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010. P. 001-005, 2010. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_186.pdf>. Acesso em: junho de 2011.

CURTARELLI, M. P.; ARNESEN, A. S. Fusão de imagens dos sensores HRC e CCD para a elaboração de uma carta imagem do município de Ladário, MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010. P. 858-866.

FEDOROV, D. **Sistema semi-automático de registro e mosaico de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2003. 153 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FREITAS, D. M. DE; BAUCH, M. A.; NASCIMENTO, F. DE L.; XAVIER, E. A. Fusão de Imagens Cbers-CCD com Cbers-HRC para obter uma melhor interpretação das sub-regiões e áreas antrópicas do Pantanal. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2., 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. P. 412-421.

GLOBAL LAND COVER FACILITY. Landsat Geocover Mosaics. Disponível em: <<http://www.glcf.umd.edu/data/mosaic/>>. Acesso em: abril de 2011.

HEIDEN, G.; IGANCI, J. R. V. Sobre a paisagem e a flora. In: STUMPF, E. R. T; BARBIERI, R. L; HEIDEN G. (Org.). **Cores e formas no bioma pampa: plantas ornamentais nativas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

INPE. **Introdução ao Spring: apostila teórica**. São Paulo, 2004.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: abril de 2011.

INPE. **Processamento: distorções geométricas**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/registro_img.html>. Acesso em: abril de 2011.

LEONARDI, S. S.; ORTIZ, J. DE O.; FONSECA, L. M. G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2007. P. 4111-4113., 2007. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.22.49/doc/4111.pdf>>. Acesso em: junho de 2011.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**, v.33 – Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

SALGADO, M. P. G.; TRABAQUINI, K.; OLIVEIRA, P. V. DE C. E; PEREIRA, F. R. DE S. Análise de paisagem auxiliada por fusão de imagens orbitais e modelo digital de elevação. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2., 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. P. 593-602.

SANTOS, A. R. DOS; PELUZIO, T. M. DE O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SILVA, M. A. O. DA; COSTA, E. R.; NEVES, P. E.; SILVA, A. J. M. E. O uso de pontos de controle no processamento de imagens CBERS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. P. 1133-1139, 2007. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.23?languagebutton=pt-BR>>. Acesso em: junho de 2011.

VENTURA, F. N. Fusão de imagens de sensores remotos utilizando a transformada de wavelet. São José dos Campos: INPE, 2002. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.

WALD, L.; RANCHIN, T.; MANGOLINI, M. Fusion of satellite images of different spatial resolutions: assessing the quality of resulting images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 63, n. 6, p. 691–699, 1997. Disponível em: <http://www.asprs.org/a/publications/pers/97journal/june/1997_jun_691-699.pdf>. Acesso em: setembro de 2012.