



## Aplicação de Técnicas de Processamento Digital de Imagens em Diferentes Sensores Orbitais Application Techniques of Digital Image Processing in Different Orbital Sensors

Luciana Escalante Pereira<sup>1</sup>; Giancarlo Lastoria<sup>2</sup>;  
Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>1</sup> & José Marcato Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicação Ambiental,  
Unidade 7A, 78720-100, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais,  
78720-100, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

E-mails: L.escalante.pereira@gmail.com; g.lastoria@ufms.br; Antonio.paranhos@pq.cnpq.br; jrmarcato@gmail.com

Recebido em: 06/05/2016 Aprovado em: 09/07/2016

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2016\\_3\\_15\\_24](http://dx.doi.org/10.11137/2016_3_15_24)

### Resumo

O sensoriamento remoto é uma ciência aplicada em várias áreas do conhecimento, o que torna o seu uso cada vez mais difundido. Nos últimos anos, a disponibilização de dados de sensoriamento remoto de forma gratuita também tem impulsionado esse crescimento. Dessa forma, a análise de técnicas de processamento que visam melhorar o produto se torna necessária para se usufruir a melhor maneira dos dados disponibilizados. O objetivo do trabalho é avaliar a aplicação de técnicas de processamento de imagens em diferentes sensores orbitais, analisando a capacidade de delimitação de corpos d' água. As técnicas de processamento realizadas foram o realce espacial (fusão de imagens), a correção radiométrica e a atmosférica, processadas em 5 diferentes sensores: TM, ETM+, CCD, HRC e OLI. Para a análise dos resultados foram utilizados 5 corpos d' água de diferentes proporções. Considerando as imagens sem processamento e as que passaram por algum processamento digital, foram analisadas 16 imagens. A mensuração dos corpos d' água foi realizada em todas as imagens, subsequentemente, sendo calculada a taxa de imprecisão. Em dois corpos d' água a taxa de imprecisão anotada por alguns sensores foi superior a 100%.

**Palavras-chave:** Corpo d' água; sensoriamento remoto; geotecnologias gratuitas; sistemas sensores

### Abstract

Remote sensing is an applied science in various fields of knowledge, which makes its use becoming more widespread. In recent years, the availability of free remote sensing data has also fueled this growth. Thus, the analysis processing techniques to improve the product becomes necessary to use the best way the available data. Targeting this, the aim of this study was to evaluate the application of imaging techniques in different orbital sensors, analyzing delimitation capacity of water bodies. The processing techniques were performed spatial enhancement or image fusion, radiometric and atmospheric correction, processed in 5 different sensors: TM, ETM+, CCD, HRC and OLI. For the analysis of the results were used five water bodies of different proportions. The measurement of water bodies was carried out on all images subsequently being calculated imprecision rate. In two water bodies to some imprecision sensor rate was greater than 100%.

**Keywords:** water body; remote sensing; free geotechnologies; sensor systems

## 1 Introdução

Sensoriamento remoto é entendido como uma ciência que obtêm informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato direto com o meio investigado (Novo, 1992; Lillesand *et al.*, 2007). Essa ciência permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (Florenzano, 2007).

Com o crescimento do sensoriamento remoto orbital, surgiu uma gama de sensores voltados para estudos de recursos naturais terrestres, destacando-se, entre eles, os do projeto Landsat. As imagens de satélite se configuram como objeto de estudo de clara importância. Como menciona Figueredo (2005), “nos dias atuais o sensoriamento remoto é quase que totalmente alimentado por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais”.

O que tem colaborado para fortalecer a expansão deste tipo de tecnologias é a qualidade dos produtos que têm sido disponibilizados de forma gratuita aos usuários. Somente no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é possível listar dez diferentes satélites, com imagens de acesso gratuito. Outra grande fonte de aquisição de imagens gratuitas de sensoriamento remoto é a página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Das imagens disponibilizadas gratuitamente, destacam-se os dados do sensor TM do satélite Landsat-5, devido ao longo tempo de atividade e qualidade de suas imagens, e o satélite CBERS-2B, que inovou com uma câmera de alta resolução espacial, sendo um projeto brasileiro em parceria com a China.

Os sensores orbitais que se utilizam da radiação da luz solar para imagear, conhecidos como sensores passivos, estão sujeitos a condições atmosféricas, como: fumaça, nuvem, gases atmosféricos, etc.

Por estarem sujeitos a tais condições, existem algumas etapas de processamento digital que pode ser feitas para melhorar o aspecto visual das imagens. Processar uma imagem consiste em transformá-la sucessivamente com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente (Albuquerque & Albuquerque, 2000).

Dentre as técnicas de processamento de imagens, destaca-se a correção geométrica e atmosférica, tais processamentos são chamados de pré-processamento de dados de satélite (Liu, 2006). A função da etapa de pré-processamento é aprimorar a qualidade da imagem para as etapas posteriores (Marques Filho & Neto, 1999). As técnicas de correção atmosférica podem ser divididas em métodos de campo (alternativos) e físicos (Gomes *et al.*, 2012). O método de campo utiliza informações da própria imagem para corrigi – lá, ou seja, usa os números digitais da imagem, pode-se citar nesse método a correção radiométrica. Enquanto, para o método físico são necessários dados ópticos da atmosfera e do processo de interação radiação-atmosfera-superfície (Nascimento, 2006).

Neste sentido, o trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de técnicas de processamento de imagens em diferentes sensores orbitais, analisando a capacidade de delimitação de corpos d’ água.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

Os corpos d’ água analisados estão localizados no Município de São Gabriel do Oeste, no Estado de Mato Grosso do Sul. Todas as áreas analisadas encontram-se dentro da mesma bacia hidrográfica (Figura 1), que tem como principal corpo hídrico o córrego Brejão e rio Coxim, sendo corpos d’ água de diferentes dimensões, localizadas próximos às regiões de nascentes.

As imagens com menor resolução espacial foram usadas para a escolha dos corpos d’ água, no caso, as imagens com 30 metros de resolução espacial.

Para fins de referência, as imagens do Google Earth (Google Earth, 2013) foram utilizadas para mensuração de área dos corpos d’ água e aferição dos resultados. As imagens disponíveis para a área de estudo (Figura 2) no software são do satélite SPOT-5, que tem uma resolução espacial de 2,5m.

O software GE Path versão 1.4.6 (Sgrillo, 2008) foi usado para a mensuração de área dos corpos d’ água na imagem SPOT-5.

### 2.2 Imagens LANDSAT e CBERS-2B

As datas das imagens não são reportadas há um mesmo ano, sendo a imagem mais antiga do



Figura 1  
Espacialização dos  
5 corpos d'água  
analisados. Imagem  
Landsat-8 sensor OLI,  
composição falsa cor  
RGB-654. Sistema de  
projeção UTM, datum  
WGS-84, zona 21 sul.



Figura 2 Imagens dos locais de estudo, adquiridas via Google Earth, cenas do satélite SPOT-5. Imagem utilizada para aferir os resultados. Corpos d'água utilizados na avaliação.

sensor ETM+ datada de 2001, e a mais recente de 2013 do sensor OLI, essa variação temporal foi devido à dificuldade de obtenção de cenas de um mesmo período. No entanto, para manter a fidedignidade do trabalho, foram utilizadas imagens da mesma época do ano, da estação seca, entre os meses de julho e setembro, ressalta-se que as imagens dos sensores TM e CCD são datadas do mesmo dia.

Foram utilizados cinco sensores, sendo que três pertencem ao programa LANDSAT

(Land Remote Sensing Satellite), são eles: TM (Landsat-5), ETM+ (Landsat-7) e OLI (Landsat-8). O sensor TM possui 30 metros de resolução espacial e 7 bandas espectrais, sendo uma termal com 120m de pixel. O diferencial do ETM+ em relação ao TM é a banda pancromática de 15m de resolução espacial e uma banda termal de 60m. O sensor OLI inovou em sua resolução radiométrica, são 16 bits de resolução radiométrica contra 8 bits do ETM+. Além disso, conta com 8 bandas multiespectrais

com 30m de resolução espacial, 2 bandas termais de 100m cada, e assim como o ETM+, uma banda pancromática de 15m.

O satélite CBERS-2B é o terceiro satélite de um projeto que surgiu da cooperação entre China e Brasil, projeto denominado de Programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*/Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Naturais). O CBERS-2B foi lançado em 2007 e parou de imagear no começo de 2010. Continha a bordo 3 câmeras de imageamento: WFI (*Wide Field Imager* /Imageador de Amplo Campo de Visada); CCD com resolução espacial de 20 metros e 5 bandas espectrais; e HRC com 2,7 m de resolução espacial e com faixa de imageamento de 27 km. Neste trabalho, foram usadas imagens dos sensores CCD e HRC.

### 2.3 Processamento dos Dados

O uso de tecnologias gratuitas permite a integração de várias fontes de dados, trabalhar em mais de uma plataforma para geração e manipulação de informações é uma alternativa que vem expandindo no campo das geotecnologias. Aproveitando-se dessa possibilidade, os dados foram trabalhados e analisados com o uso de dois SIG's: SPRING versão 5.2.4 e Qgis (OSGeo, 2013). Sendo o tratamento final das imagens realizadas no software Gimp versão 2.8 (GNU Image Manipulation Program, 2013).

Os sensores CCD, HRC, TM e ETM+ passaram por correção radiométrica, através de restauração e filtragem, técnicas de processamento disponíveis no SPRING. A combinação das técnicas de restauração e filtragem deixou as imagens mais adequadas para a interpretação visual. Atualmente,

é possível aplicar a técnica de restauração em 13 diferentes tipos de sensores, utilizando o SPRING.

A filtragem consiste na aplicação de técnicas que tem por objetivo, basicamente, a remoção de ruídos ou realce de certos elementos da imagem (Costa, 1998a), sendo realizada pixel a pixel consiste-se de uma matriz quadrada que considera o nível de cinza de um determinado pixel e sua vizinhança.

Os filtros utilizados no estudo são lineares, eles têm a função de suavizar e realçar detalhes da imagem, minimizando efeitos de ruído, sem alterar a média da imagem (INPE, 2006a). Na filtragem, foram testados dois tipos de filtros lineares nos sensores: realce de imagem TM e passa baixa-média (Figura 3).

O filtro linear passa baixa-média tem o objetivo de suavizar a imagem mediante a uniformização de seus Números Digitais. O seu nome se deve ao fato de que deixa passar apenas os componentes de baixa frequência, suavizando as regiões com variações bruscas de níveis de cinza, estes filtros podem produzir efeitos indesejáveis, como o borramento da imagem (Costa, 1998b). Já o filtro linear realce de imagem TM utiliza máscaras apropriadas ao realce de características de imagens do sensor TM, compensando distorções radiométricas do sensor (INPE, 2006b).

A técnica de restauração do SPRING não possui algoritmo para processar a imagem OLI, assim, a imagem OLI passou por correção atmosférica no Qgis, com o uso do *plugin* Geosud TOA Reflectance. Através desse *plugin*, o número digital de cada pixel da imagem é convertido para a reflectance no topo da atmosfera, para isto, utiliza-se dos metadados da própria imagem no processo de conversão. O complemento Geosud TOA pode



Figura 3 Exemplos da aplicação de Filtro Linear, sobre a imagem HRC. Cena A: HRC sem processamento. Cena B: HRC filtrada com filtro linear realce de imagem TM. Cena C: HRC filtrada com filtro linear passa baixa-média.

gerar como imagem de saída dados inteiros de 16 bits ou dados flutuantes de 32 bits. A imagem OLI que passou pelo TOA foi gerada como tipo de dados de 16 bits, mantendo a característica radiométrica do sensor OLI.

O Geosud TOA foi desenvolvido pelo projeto EQUIPEX-GEOSUD, um projeto que tem como proposta a disposição de dados gratuitos de satélites a comunidade científica. A sigla TOA significa reflectância no topo da atmosfera, conceitualmente o topo da atmosfera é estimado a uma altitude de 100 km acima da terra. Deste modo, os valores de reflectância para o topo da atmosfera não são os mesmos da superfície do solo.

A técnica de realce espacial (RE), mais conhecida como fusão de imagens, foi empregada nas imagens dos sensores ETM+ e OLI. Esta técnica consiste em associar as características espectrais, das bandas multiespectrais, com a resolução espacial da banda pancromática. Assim, a banda do IVP foi combinada à banda pancromática, gerando uma banda com 15 metros de resolução espacial e mantendo a característica espectral da banda do infravermelho.

O método utilizado foi à transformação IHS-RGB. Os componentes IHS referem-se a: I – intensidade; H – Matiz; S – saturação. Neste método, as bandas escolhidas para compor os canais RGB, são transformadas para os componentes IHS, dando origem a 3 novas imagens: uma de intensidade, uma de matiz e outra de saturação. Em seguida, as novas imagens foram convertidas de IHS para RGB. Na conversão IHS-RGB, a imagem de intensidade é substituída pela imagem pancromática, obtendo, assim, a imagem final com resolução espacial de 15 metros.

As imagens que passam pela transformação IHS-RGB podem ser realçadas, expandindo o intervalo de intensidade e saturação através de contraste, e, quando convertidas de IHS para RGB, permitem melhor separação das cores e das feições que se deseja observar (INPE, 2006c).

Como cada sensor usou suas próprias bandas multiespectrais e pancromáticas na combinação de bandas, a resolução radiométrica dos sensores manteve-se a mesma. Exemplificando os processamentos adotados, foi montado um fluxograma com as atividades e técnicas desenvolvidas (Figura 4).

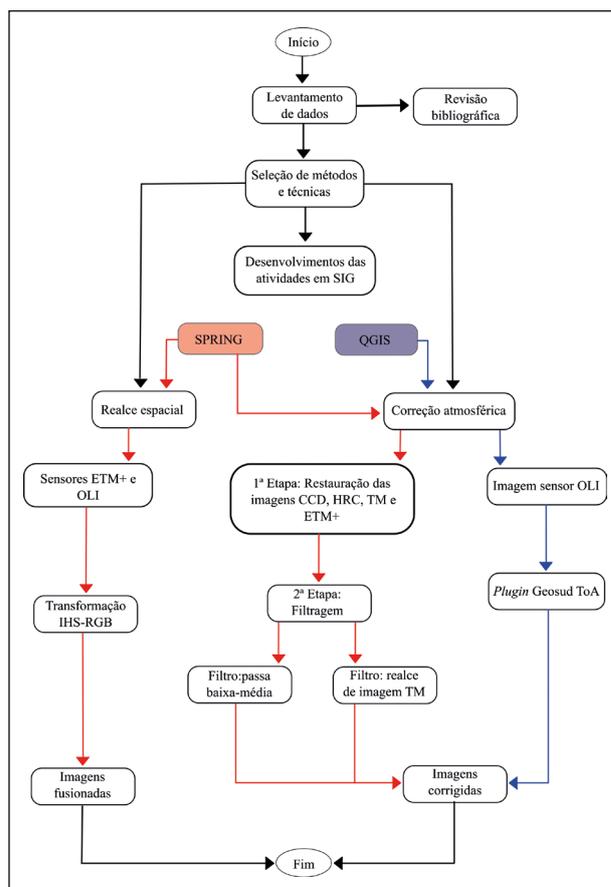


Figura 4 Fluxograma ilustrando os processos adotados no realce espacial e correção atmosférica. As setas vermelhas indicam atividades desenvolvidas no SIG SPRING, enquanto, as setas azuis representam o SIG QGIS.

### 3 Resultados e Discussões

Dos 5 corpos d'água utilizados no estudo, a menor área foi de aproximadamente 5.000m<sup>2</sup> correspondendo ao corpo d'água 2, e a maior próxima a 41.000m<sup>2</sup> representada pelo corpo d'água 4. Os corpos d'água variam de regiões com entorno sem área úmida e vegetação a regiões com presença de vegetação e área úmida.

Para comparação, a área dos corpos hídricos foi mensurada com as imagens brutas e com as imagens que passaram por algum tipo de processamento, o que gerou um total de 16 imagens derivadas dos 5 sensores. Os resultados foram expostos de maneira gráfica (Figura 5).

Através da espacialização gráfica é possível comparar e analisar quais sensores e quais técnicas obteve melhor precisão.

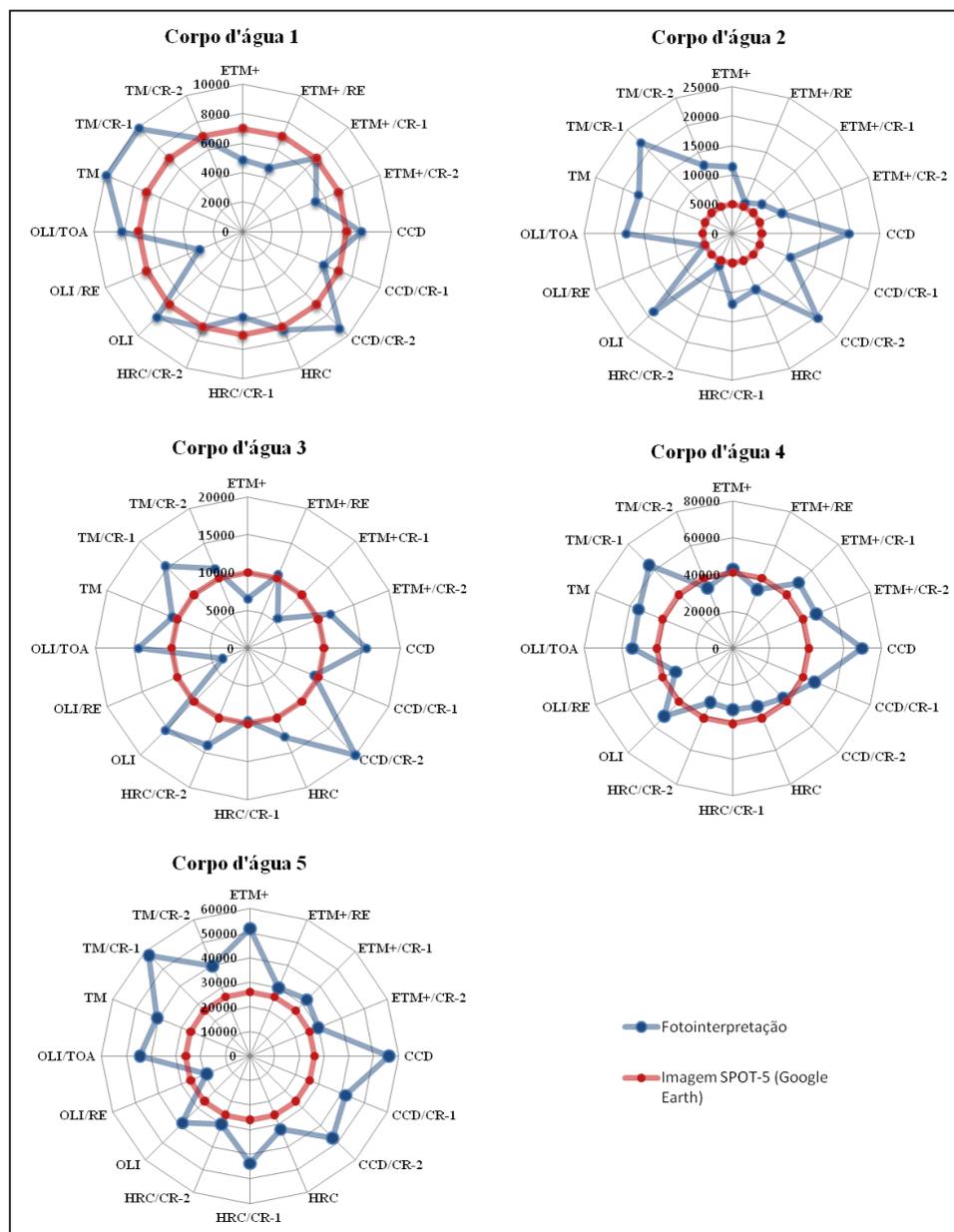


Figura 5 Representação gráfica dos dados. A mensuração e espacialização dos resultados graficamente permitem uma rápida interpretação evidenciando os sensores que apresentaram maior precisão em relação à medida base realizada nas imagens do satélite SPOT-5. As imagens tratadas com filtro linear Passa Baixa-Média foram chamadas de CR-1, enquanto as imagens CR-2 são as que passaram pelo filtro realce de imagem TM.

Analisando os gráficos nota-se que os corpos d'água 1 e 4 são os de maiores regularidades, isso porque se trata de regiões com pouca confusão espectral, onde a ocorrência de uma possível resposta espectral combinada entre os objetos é baixa, principalmente contendo refletância de água e vegetação. O entorno desses corpos hídricos são caracterizados pelo contraste com as plantações agrícolas, onde a área úmida é quase imperceptível ou inexistente. Desse modo, o contraste visual de objetos na paisagem, facilita a interpretação visual.

Ainda através da análise gráfica nota-se que o corpo d'água 2 é o onde os sensores se comportam

de maneira mais heterogênea, gerando uma maior imprecisão entre os sensores. Além disso, nota-se que não existe um comportamento homogêneo entre os dados nos diferentes corpos d'água, verificando que independente do sensor e da técnica empregada, os resultados estão mais condicionados pelas características do corpo hídrico e de seu entorno.

Para avaliar o desempenho dos sensores, foi calculada a taxa de imprecisão com base nas imagens do satélite SPOT-5, aplicando o valor de discrepância em uma regra de três simples (Figura 6).

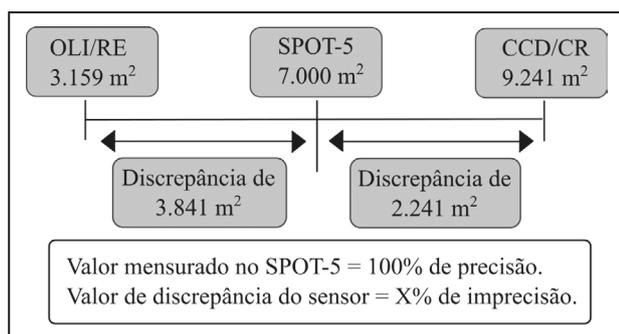


Figura 6 Método usado para estimativa de imprecisão dos sensores. Tendo a área estimada no SPOT-5 como referência, o percentual de imprecisão dos sensores foi ponderado com base no valor de discrepância de cada sensor, em relação à área tida como referência.

O percentual de imprecisão de cada sensor é apresentado na Tabela 1. Como mostrado na Figura 3, à área mensurada na imagem SPOT-5 serviu como base para aferir os dados:

Dentre as técnicas de correção radiométrica percebe-se que o filtro realce de imagem TM serviu ao propósito quando se trata do sensor TM, apresentando resultados satisfatórios também para o sensor HRC. No caso do ETM+, os dois filtros usados apresentaram resultados aceitáveis.

Como já observado nos gráficos, os valores de imprecisão corroboram para a interpretação de ter o corpo d'água 2 como a área que apresentou maior diferença entre os sensores e a imagem do *Google Earth*. O entorno úmido e a presença de vegetação nessa área, acaba interferindo na refletância da região, ocasionando uma taxa de imprecisão alta na maioria dos sensores.

Sabe-se que a água, quanto mais límpida, tem um nível de reflexão próximo ou igual a zero na banda do infravermelho próximo. Através desta interpretação, foi observado que o CCD é o único que não apresentou em nenhuma região o valor 0 de nível de cinza, apresentando valores altos para a refletância da água.

Em sensoriamento remoto costuma-se atrelar a discriminação de um alvo com a resolução espacial do sensor. Como menciona Silva (2003), “a alta resolução espacial está associada à maior discriminação dos elementos, portanto a um número maior de observações. E, ao contrário, a baixa resolução está associada a uma pobre discriminação dos objetos.”

Tabela 1 Percentual de imprecisão aferido em cada um dos sensores analisados.					
	Corpo d'água 1	Corpo d'água 2	Corpo d'água 3	Corpo d'água 4	Corpo d'água 5
Área (m²)	7.000	5.000	10.000	41.000	26.000
Sensor	Imprecisão (%)				
ETM+	30,5	127,4	34,7	5,1	99,4
ETM+/RE	33,4	13,6	4,6	16,3	15,5
ETM/CR-1	0,5	41,6	44,4	22,5	25
ETM/CR-2	23,8	81,4	17,3	18,5	14,8
CCD	13,9	294,2	55,7	69,8	116,2
CCD/CR-1	15,6	113,2	5,43	16,4	61
CCD/CR-2	32	308,7	99,8	6,9	81,2
HRC	3,3	105,9	27	16,4	24,5
HRC/CR-1	17,2	139,9	3,7	18,5	68,3
HRC/CR-2	0,7	19,2	39	22,3	15,6
OLI	16,6	276,5	53,3	27,5	48,3
OLI/RE	54,9	3,2	64,2	18,7	34,4
OLI/TOA	16,3	332,9	44	32,1	71
TM	41,4	243,2	7,3	42,5	81,1
TM/CR-1	40,9	337,6	53,4	55,6	122
TM/CR-2	2,8	152,2	13,6	13,5	52,4

Tabela 1 Percentual de imprecisão aferido em cada um dos sensores analisados.

Usufruindo desta afirmação, a alta resolução espacial da imagem HRC é uma característica que permite uma boa qualidade à imagem. Vinculado a isto, a correção radiométrica teve o intuito de melhorar as características visuais da cena.

Contudo, somente a resolução espacial não configura como um atributo que representa maior precisão dos dados. Um exemplo de que resolução espacial não é um dos grandes limitantes na identificação de feições está nos sensores TM e CCD. Ambas as imagens captadas por estes sensores são da mesma data, sendo que a maior resolução espacial do CCD (20m) não foi suficiente para que este apresentasse resultados mais significativos que o sensor TM, de menor resolução espacial.

Isso também se reflete na análise do conjunto de dados. Considerando a região que apresentou maior desacerto, o corpo d' água 2, observou-se que o RE realmente foi a técnica com melhor desempenho, melhorando a precisão dos sensores ETM+ e OLI. Entretanto, quando atenta-se a todos os corpos d'água, esse desempenho não foi um efeito que se repetiu, ainda há de considerar-se que o HRC é o sensor de maior resolução espacial e essa característica não retratou em valores de precisão melhores que os outros sensores.

Além das características próprias do sensor, as técnicas de processamento digital escolhidas para serem efetuadas nas imagens também são determinantes para a interpretação visual (Figura 7). A área escolhida para ser ilustrada se trata do corpo d'água 2, onde a taxa de imprecisão foi a maior.

Os píxeis são formados pela média de refletância de um local ou pela feição que acaba apresentando maior refletância. Como apontam Goldberg *et al.* (1999), cada píxel representa uma área, a quantidade de área contida dentro de cada pixel depende do tipo de sensor usado e do posicionamento do sensor. Quando ocorre de o valor de níveis de cinza representar mais de uma classe dentro do píxel, acaba sendo chamado de píxel de mistura (Caimi, 1993). Esse efeito pode ocorrer em qualquer sensor, mas em alguns sensores ele acaba sendo mais notado visualmente, também sendo comum em sensores de menor resolução espacial.

O corpo d'água 5 é uma área com entorno úmido, o que favoreceu a ocorrência de mistura

de pixel nas imagens dos sensores. Ao analisar o quinto corpo d'água, área que foi a segunda mais imprecisa, observa-se que ambas as técnicas de correção radiométrica foram satisfatórias para os sensores ETM+e CCD, já para os sensores TM e HRC a técnica que se utiliza do filtro passa baixa-média o que gera na imagem o efeito de "borrada", não obteve resultados satisfatórios.

Esse efeito provocado pelo filtro passa baixa-média torna a individualização de píxeis mais gradativa, sendo mais difícil definir o limite do corpo hídrico em relação a outro objeto, principalmente quando se trata de classes com resposta espectral próximas, como é o caso da água e área úmida. Dependendo para que fins se apliquem, esse efeito pode ser favorável, como foi para o sensor CCD.

O filtro de imagem TM dá a imagem um aspecto de imagem pixelada, onde a individualização de cada pixel é mais fácil de caracterizar. Com esse efeito provocado nas imagens, a delimitação do corpo hídrico foi mais simples.

Observando a mensuração dos corpos hídricos, notou-se que as técnicas de processamento digital de imagens não apresentaram comportamento homogêneo. A exemplo pode-se citar a técnica de realce espacial: a mesma técnica que representou vantagem para o sensor OLI no corpo d'água 2 não foi satisfatória no corpo d'água 1. O mesmo acontece com a técnica de correção atmosférica utilizando-se do algoritmo TOA. Apesar de quantitativamente não haver um comportamento homogêneo entre as técnicas de processamento, de forma qualitativa é possível destacar algumas diferenças nas imagens.

Aproveitando-se ainda do sensor OLI como exemplo, a falta de uma regularidade nos percentuais de imprecisão não impede que, a imagem OLI-TOA que passou por correção, apresenta uma variação de nível de cinza mais uniforme do que a imagem OLI sem nenhum processamento. Esse comportamento equalizado diminui o efeito de imagem pixelada que o OLI apresentou estando sem processamento.

#### 4 Conclusões

As técnicas processadas foram consideradas satisfatórias, já que na maioria dos casos, o uso de uma ou outra técnica melhorou o desempenho

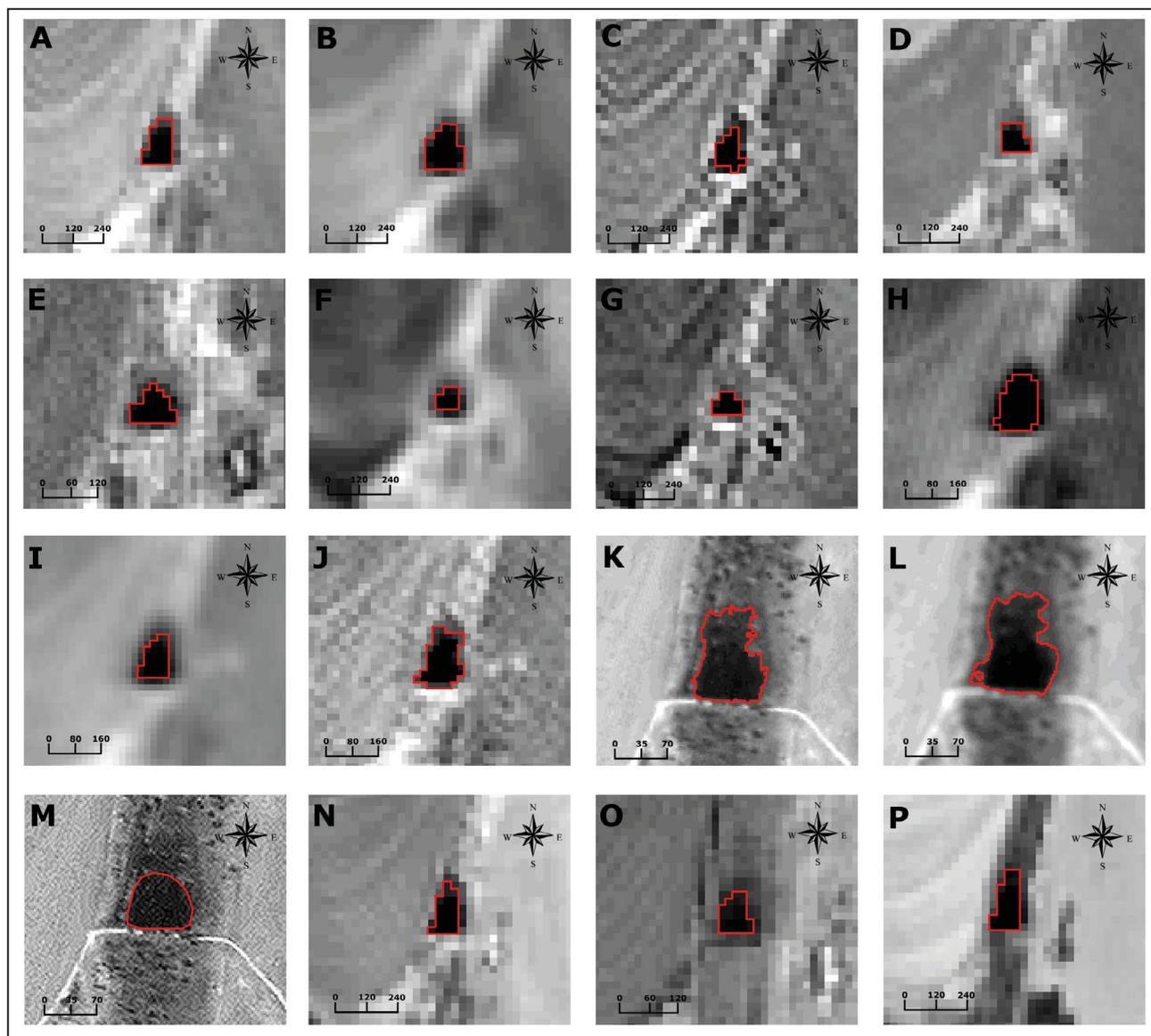


Figura 7 Corpo d'água 2: imagens analisadas na faixa espectral do infravermelho próximo. Na faixa do IVP, os corpos d'água absorvem muita energia e ficam escuros, permitindo melhor delineamento dos corpos d'água. Relação de imagens: A - Landsat 5, sensor TM, banda 4, píxel de 30m ; B - Landsat 5, sensor TM, com correção radiométrica-1, banda 4, píxel de 30m; C - Landsat 5, sensor TM, com correção radiométrica-2, banda 4, píxel de 30m; D - Landsat 7, sensor ETM+, banda 4, píxel de 30m ; E - Landsat 7, sensor ETM+, com Realce espacial, bandas 4 e 8 (IVP+PAN), píxel de 15m ; F - Landsat 7, sensor ETM+, com correção radiométrica -1, banda 4, píxel de 30m; G - Landsat 7, sensor ETM+, com correção radiométrica -2, banda 4, píxel de 30m; H - Cbers 2B, sensor CCD, banda 4, píxel de 20m; I - Cbers 2B, sensor CCD, com correção radiométrica-1, banda 4, píxel de 20m; J - Cbers 2B, sensor CCD, com correção radiométrica-2, banda 4, píxel de 20m; K - Cbers 2B, sensor HRC, banda PAN, píxel de 2,5m; L - Cbers 2B, sensor HRC, com correção radiométrica-1, banda PAN, píxel de 2,5m, M - Cbers 2B, sensor HRC, com correção radiométrica-2, banda PAN, píxel de 2,5m; N - Landsat 8, sensor OLI, banda 5, píxel de 30m; O - Landsat 8, sensor OLI, com realce espacial, bandas 5 e 8 (IVP+PAN), píxel de 15m; e P - Landsat 8, sensor OLI, com correção TOA, banda 5, píxel de 30m. Sensor HRC cobre a região do visível e uma parte do infravermelho próximo. A região apresenta uma faixa de transição entre área úmida e vegetação, o que ocasiona em maior confusão espectral, e menor precisão na delimitação do corpo hídrico. As imagens CCD e TM são do mesmo dia. Por ser a faixa do IVP em questão, espere-se que alvos vegetais apresentem valores de refletância mais elevados, quanto maior a taxa fotossintética mais clara é a região.

dos sensores. Entretanto, por não apresentarem comportamento uniforme, não se pode dizer que determinada técnica foi superior a outra. Em ambas as técnicas utilizadas para avaliar os sensores em

relação à delimitação de corpos d'água, a opção por determinado método está mais pautada no quesito visual. Visto que, o que interferiu de maneira mais preponderante na precisão dos sensores foi o local

onde se insere o corpo d'água e seu entorno. O estudo com vários sensores destaca características individuais que podem colaborar no desenvolvimento do sensoriamento remoto.

## 5 Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado de Luciana Escalante Pereira e ao CNPq pela PQ2 de Antonio Conceição Paranhos Filho – Processo 305300/2012-1.

## 6 Referências

- Caimi, D. 1993. *O problema do pixel de mistura: um estudo comparativo*. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Dissertação de mestrado, 104p.
- Costa, C.A.R. 1998a. *Introdução a processamento digital de imagens: uma abordagem voltada para sensoriamento remoto e funcionalidades do sistema SPRING*. Campinas: EMBRAPA-CNPq, Relatório Técnico, 45p.
- Costa, C.A.R. 1998b. *Introdução a processamento digital de imagens: uma abordagem voltada para sensoriamento remoto e funcionalidades do sistema SPRING*. Campinas: EMBRAPA-CNPq, Relatório Técnico, 45p.
- Albuquerque, M.P. & Albuquerque, M.P. 2000. *Processamento de imagens: métodos e análises*. Rio de Janeiro – Brasil. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas MCT, 1-12.
- Department of State Geographer. *Google Earth*. U.S. Disponível em: <<http://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: 07 de junho de 2013.
- Figueiredo, D. 2005. *Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto*. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Brasília – DF. 32p.
- Florenzano, T.G. 2007. *Iniciação em sensoriamento remoto*. São Paulo, Oficina de Textos. 128 p.
- GNU Image Manipulation Program – *GIMP*. Versão 2.8. Disponível em: <<http://www.gimp.org/>>.
- Goldberg, J.; Perry, J.; & Anderson, J. 1999. *Wetlands Program Technical Report No. 99-8: Remote Sensing of Natural Areas: Procedures and Considerations for Assessing Vegetation Composition Change, Land Development, and Erosion*. College of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA, USA
- Gomes, D.; Vicente, L.E.; Carvalho, S.; Victoria, D.; Andrade, R.G.; Agnese, M.L.; & Silva, R.F.B. 2012. *Avaliação comparativa de correção atmosférica de imagens Landsat utilizando MODTRAN e Dark Object Subtraction*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SELPER, 15, Caiena, 2012. Resumos expandidos, Caiena, SELPER.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2012. *SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas*. Versão 5.2.4 software livre. São José dos Campos: DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2006a, 2006b. *SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas*. Manuais: Tutorial de Geoprocessamento – Restauração e Filtragem. São José dos Campos: DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2014.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2006c. *SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas*. Manuais: Tutorial de Geoprocessamento – Transformação IHS. São José dos Campos: DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2014.
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. & Chipman, J.W. 2007. *Remote sensing and image interpretation*. New York, John Wiley & Sons. 897 p.
- Liu, W.T.H. 2006. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Campo Grande, Ed. UNIDERP. 908 p.
- Marques Filho, O. & Neto, H.V. 1999. *Processamento digital de imagens*. Rio de Janeiro, Brasport. 331 p.
- Nascimento, C.R. 2006. *Correção atmosférica de imagens do sensor AVHRR/NOAA utilizando produtos atmosféricos do sensor MODIS/TERRA*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado, 129p.
- Novo, E.M.L.M. 1992. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo, Edgard Blucher. 308 p.
- OSGeo. Open Source Geospatial Foundation. *Quantum GIS (QGIS)*. 2013. Open Source Geographic Information System (GIS). Version 2.0.1. “Dufour”. Disponível em: <<http://qgis.org/>>.
- Sgrillo, R. 2008. *Software GE Path*. Versão 1.4.6. Disponível em: <<http://ge-path.soft32.com/>>.
- Silva, A.B. 2003. *Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP. Editora da UNICAMP. 1º ed. 232 p.