

## **Aplicações do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. Estudo de caso: bacia do rio do Sono, TO – Brasil.**

Marineide Alves de Sousa<sup>1</sup>  
Rômulo José da Costa Ribeiro<sup>1,2</sup>  
Paulo Jorge Rosa Carneiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Católica de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. Campus II - SGAN 916 Módulo B Asa Norte. 70790-160 - Brasília, DF – Brasil  
{neide, gmbaptista@pos.ucb.br} e rjcosta@ucb.br

<sup>2</sup> Universidade Católica de Brasília. Campus I  
QS 07, lote 01, EPCT, bl G, Taguatinga - 71966-700 - Brasília, DF – Brasil  
rjcosta@ucb.br e gmbaptista@pos.ucb.br

<sup>3</sup> Larrosa & Santos Consultores Associados Ltda  
SCN-Quadra 5 Bloco A - Ed.Brasília Shopping And Towers- 70.715-900- Brasília-DF  
paulo.carneiro@lsca.com.br

**Abstract.** This work aims to study the remote detection and the geoprocessing applications from the satellite images of the CBERS-2 made available by the Brazilian National Space Research Institute (INPE). The Sono River Basin, located in the east of Tocantins, was analyzed using techniques such as satellite mosaic images, digital image georeferencing, and the classification of the use and occupation of the soil. Thematic maps were elaborated from the National Water Agency databases, which were made available by the Catholic University of Brasilia Post-Graduation course in Planning and Environmental Management. The Envi 4.3 and ArcGis 9.0 software were used for the digital image processing . The boarder adjustment tools available in the Envi were found to be efficient because the final mosaic that was generated did not present imperfections but did present homogeneous texture and colors. The georeferencing of the images was facilitated by the initial treatment offered by the INPE and was further enhanced by the CBERS images. The Maxver and Parallelepiped methods were used in the classification of the use and occupation of the basin. The Maxver method presented the best results for the classification while the Parallelepiped method presented incoherent results. The use of remote detection and image geoprocessing to generate thematic maps permits the obtainment of important, fast, and accurate information. The geoprocessing permitted the acquisition of the data regarding soil use and the quantification of occupied areas, revealing itself to be an efficient tool in terms of saving time as well as in terms of resources.

**Palavras-chave:** Remote Detection, Geoprocessing of images, hydrographic basin, detecção remota, geoprocessamento de imagens, bacia hidrográfica.

### **1. Introdução**

O primeiro grande programa de aquisição de imagens de sensoriamento remoto, para observação dos recursos terrestres sobre todo o globo, teve início no começo da década de 1970 do século passado por meio do programa norte-americano denominado Landsat. Além dos Estados Unidos, outros países vêm investindo na área espacial para terem seus próprios satélites de sensoriamento remoto para observação dos recursos terrestres.

O Brasil mantém um programa de cooperação técnico-científico com a China, por meio do qual já foram lançados dois satélites de sensoriamento remoto. O primeiro, o CBERS-1 (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) foi lançado 19 de outubro de 1999 e operou até o final de 2003. O segundo, o CBERS-2 foi lançado em 21 de outubro de 2003 e suas imagens tem sido utilizadas em diversas áreas de aplicação do sensoriamento remoto.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é distribuidor das imagens CBERS-2 e Landsat 1, 2, 3, 5 e 7, gratuitamente quando solicitadas por países da América do Sul.

As imagens de satélites, em formato digital, permitem o estudo de extensas áreas, com informações atualizadas, sem a necessidade de coleta de dados em campo. Isto é possível graças às técnicas de processamento digital de imagens.

O geoprocessamento de imagens é uma ferramenta científica que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e atualmente um instrumento importante para Análise de Recursos Naturais, Energia, Água, Manejo Florestal, entre outros. As ferramentas computacionais para o Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (BERNIN *et al*, 2007).

Aplicações como à classificação do uso e ocupação do solo, mapeamento e localização de pontos estratégicos e vulneráveis são ações fundamentais para a caracterização das bacias e ações fundamentais na gerência eficiente dos corpos hídricos.

O principal objetivo deste trabalho é o estudo das aplicações do processamento digital de imagens e do sensoriamento remoto, utilizando-se técnicas já consagradas no meio científico, como o mosaico de imagens de satélites, georreferenciamento de imagem digital e classificação de uso e ocupação do solo. Foi utilizada como estudo de caso a bacia do Sono – TO.

A bacia do rio do Sono caracteriza-se em virtude da sua posição geográfica e dos recursos naturais da região e destaca-se pela abundância dos recursos hídricos, apresentando grande importância no contexto nacional. A expansão da atividade agropecuária, a exploração mineral e o aproveitamento do potencial hídrico para a geração de energia elétrica para o suprimento do mercado nacional conferem caráter estratégico à região (MME, 2005).

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1. Aquisição de imagens**

Obteve-se as imagens da área que compreende a bacia do Sono por meio do catálogo de imagens disponibilizadas INPE. Foram escolhidas as imagens do satélite CBERS-2 e o sensor CCD.

O sistema de identificação das imagens é composto por 2 números, o primeiro é o número da órbita e o segundo é o número da imagem dentro da órbita, também chamado de ponto. Entre as cenas da área de estudo disponibilizadas pelo INPE, foram escolhidas as que apresentavam melhores aspectos.

As cenas escolhidas foram:

- Data: 14 /08 /06, órbitas-pontos: 156 – 112; bandas: 1, 2, 3, 4 e 5.
- Data: 11 /08 /06, órbitas-pontos: 157- 111/ 157 – 112; bandas: 1, 2, 3, 4 e 5.
- Data: 08 /08 /06, órbitas-pontos: 158-110/ 158- 111/ 158-112; bandas: 1, 2, 3, 4 e 5.
- Data: 05 /08 /06, órbitas-pontos: 159-110/ 159-111/ 159-112; bandas: 1, 2, 3, 4 e 5.

### **2.2 Mosaico**

Para a construção do mosaico da área de estudo utilizou-se o *software* ENVI 4.3. A área que representa a bacia do Sono possui 4 órbitas, 159, 158, 157 e 156, contendo cada uma respectivamente 3, 3, 2, 1 imagens com 05 bandas cada uma.

Para formação do mosaico primeiramente foi feita a junção das bandas de cada imagem. Não foi necessário o ajuste de bordas entre as imagens de mesma órbita, pois, todas já se encontravam ajustadas. Em seguida, foi feita a mosaicagem cena-a-cena de cada órbita, formando respectivamente os mosaicos das órbitas 159, pontos 110 a 112; mosaico da órbita 158, pontos 110 a 112 e mosaico da órbita 157, pontos 111 e 112. Na Figura 1 está representada a imagem do mosaico construído da faixa 159, a partir das cenas 110, 111 e 112.

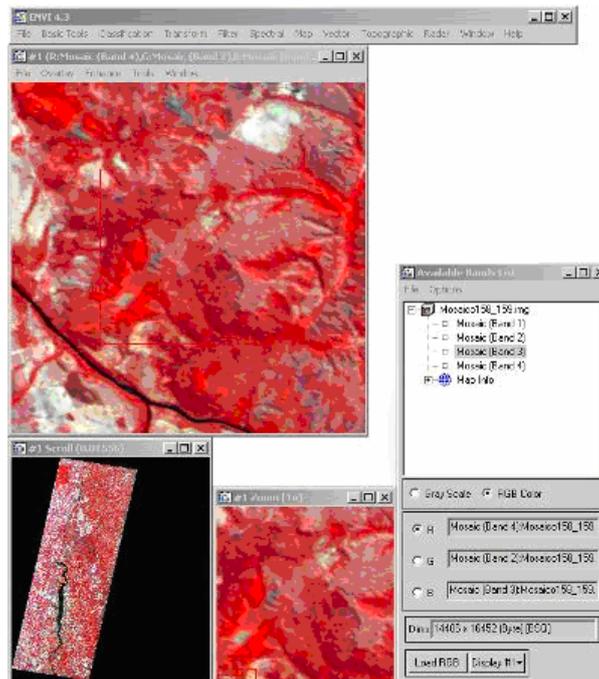


Figura 1 - Imagem do mosaico formada a partir das cenas 110, 111 e 112 da órbita 159

Para a construção do mosaico geral da área de interesse foi necessário o ajuste de bordas das faixas citadas acima. Foram selecionados 21 pontos para o ajuste de bordas entre a faixa 157, a cena 156 e 31 pontos para as faixas 159 e 158. Procurou-se distribuir os pontos de controle a fim de cobrir toda a borda a ser ajustada. Verificou-se a porcentagem de erros em cada ponto coletado e os pontos com erros maiores que 1,0 foram descartados. Desta forma, gerou-se o mosaico para cada conjunto de faixas 159/ 158 e faixa 157 com a cena 156. (Figura 2.4).

Foram selecionados 24 pontos para o ajuste de bordas das faixas 158 e 157. Verificaram-se os erros calculados em cada ponto coletado, para só então dá início ao ajuste de bordas. Por fim, gerou-se o mosaico final da área da bacia do Sono.

### 2.3 Georreferenciamento

Para o georreferenciamento da imagem utilizou-se o arquivo vetorial “hidrografia\_sono.tif”, fornecido pela Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento de Imagens da UCB. Utilizou-se o programa ArcGIS 9.0, uma vez que a imagem georreferenciada utilizada na correção encontrava-se no formato tif.

Utilizou-se somente 1 ponto de controle para toda a imagem. Este ponto permitiu a correção geométrica da imagem desejada. Após o georreferenciamento da imagem foi feito um recorte delimitando a área de interesse.

### 2.4 Classificação do uso e ocupação da bacia do Sono

No processo de elaboração do sistema de classificação foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens. A classe utilizada para o estudo das técnicas de classificação deste trabalho foi a de uso e ocupação do solo. Segundo Ávila et al (1999), citado por Mendes e Cirilo (2001), a caracterização do uso do solo constitui um dos aspectos mais estudados, juntamente, com a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas. Tais procedimentos resultam da interpretação de imagens de sensores remotos, que permitem realizar, por exemplo, a identificação e monitoramento de corpos d’água.

Para a classificação do uso e ocupação do solo, utilizou-se a imagem do mosaico construído a partir das cenas do satélite CBERS-2. Processaram-se os dados no *software*

ENVI, utilizando como referência o banco de dados fornecidos pela ANA. Foi feito um recorte para demarcar a região da Bacia do Sono, o que permitiu determinar a área de interesse. Utilizou-se o método de classificação supervisionada do tipo máxima verossimilhança (Maxver). De acordo com SulSoft (2006), a classificação Maxver é a classificação supervisionada mais aplicada no tratamento de dados adquiridos por satélites. Também foi utilizado, como base comparativa, o método classificatório Paralelepípedo.

Foram utilizadas 04 classes para ambos os métodos de classificação: campo, campo/pastagem, mata ciliar e agricultura. Em média, foram selecionados 12.000 pixels para o treinamento em cada classe. A partir das informações obtidas, foram feitas as descrições das classes de uso do solo, sendo identificadas e avaliadas suas características básicas.

## 2.5 Mapas temáticos

Com o uso das ferramentas de geoprocessamento do *software* ArcGIS e do banco de dados disponibilizado pela ANA foi possível espacializar a área em estudo construindo 3 mapas temáticos na Bacia do Rio do Sono: Municípios e Rodovias; Unidades de Conservação e Áreas Indígenas; e Empreendimentos Hidroenergéticos.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1. Construção do mosaico

Após construção do mosaico das imagens, elaborou-se a carta-imagem apresentada na Figura 2.

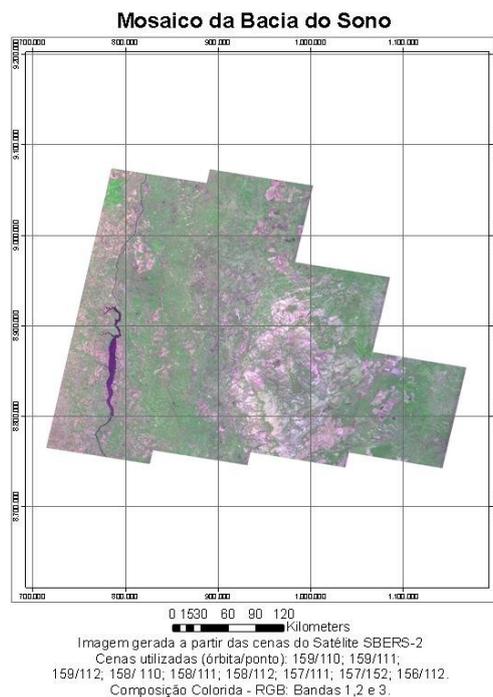


Figura 2 – Mosaico da bacia do Sono

Verificou-se no mosaico final que a textura e as cores ficaram bastante homogêneas, praticamente sem falhas. Esse resultado foi alcançado por já existir um sistema preliminar de georreferenciamento nas imagens selecionadas e também devido às ferramentas de ajustes de bordas disponibilizadas pelo ENVI mostraram-se bastantes eficientes.

### 3.2 Georreferenciamento da imagem e delimitação da área de interesse

Após serem aplicadas as técnicas de georreferenciamento e recorte da imagem, elaborou-se o mapa conforme Figura 3.

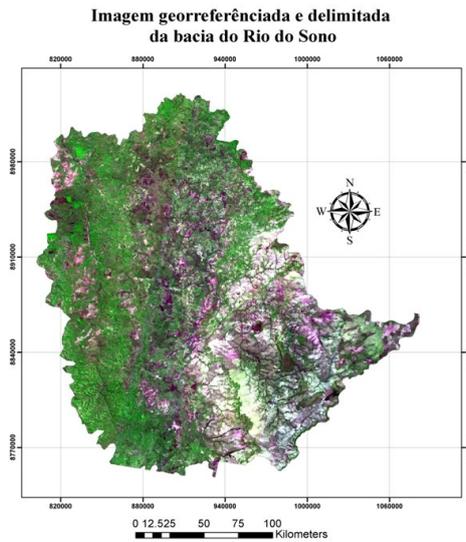


Figura 3 – Imagem georreferenciada e delimitada da bacia do Rio do Sono.

O georreferenciamento das imagens foi facilitado pelo tratamento inicial oferecido pelo INPE e adicionado nas imagens CBERS.

### 3.3 Classificação do uso e ocupação da bacia do Sono

Após classificação e divisão da área, obtido por meio de sensoriamento remoto, elaborou-se os mapas de uso e ocupação (Figura 4 a e b).

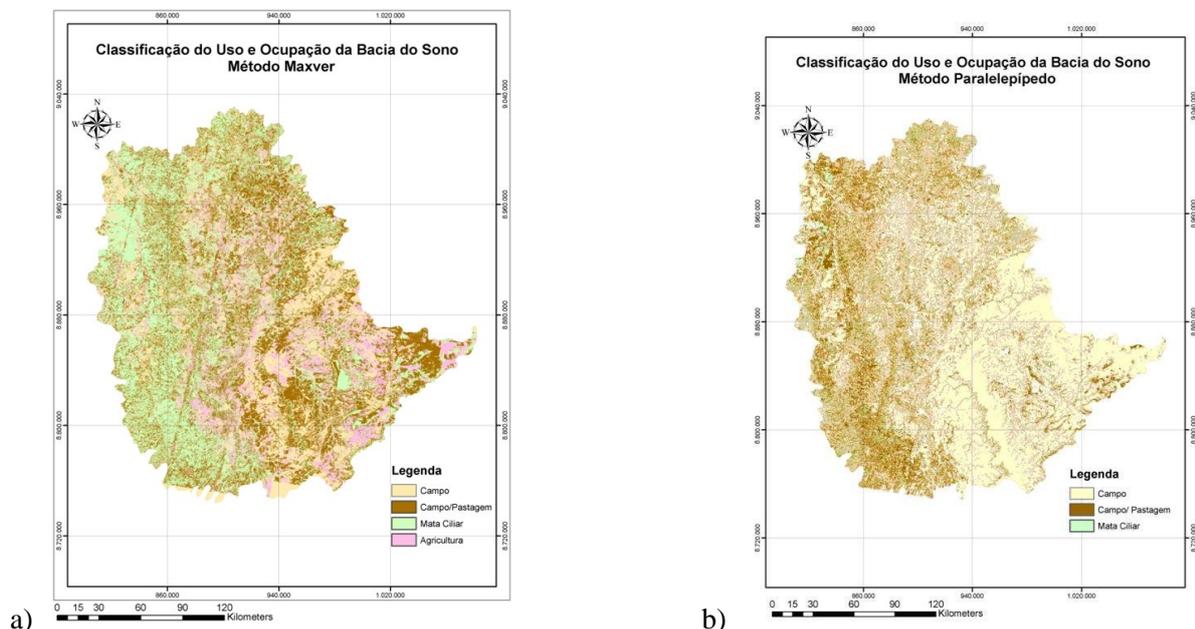


Figura 4 –a) Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do sono, utilizando-se método de classificação Maxver. b) Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do sono, utilizando-se método de classificação Paralelepípedo.

Na classificação utilizando-se o método Maxver determinou-se que a bacia possui 1.430.958.400 hectares de campo, 1.050.620.120 hectares de campo/pastagem, 1.518.184.800 hectares de mata ciliar e 578.669.680 hectares de área agrícola.

Já na classificação com o método paralelepípedo, determinou-se 2.972.617.920 hectares de campo, 1.050.102.200 hectares de campo/pastagem, 235.010.280 hectares de mata ciliar.

Nota-se uma grande diferença nos resultados entre os dois métodos utilizados. Na classificação Maxver as classes de campo, campo/pastagem e mata ciliar foram mais bem



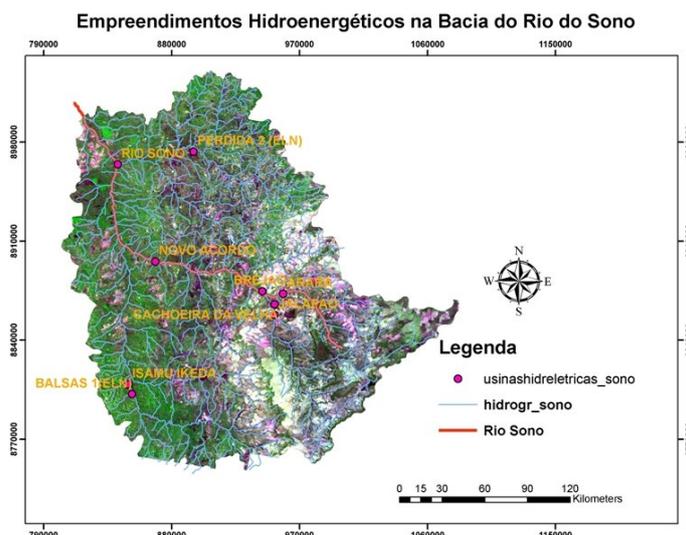


Figura 7 – Empreendimentos Hidroenergéticos na Bacia do Rio do Sono

Observou-se, assim, os principais afluentes da Bacia do Rio do Sono: o rio das Balsas, rio Novo, rio do Sono e o rio Perdida.

Constatou-se os municípios inseridos na bacia em estudo: Pedro Afonso, Rio Sono, Bom Jesus do Tocantins, Centenário, Lizarda, São Félix do Tocantins, Mateiros, Novo Acordo, Lagoa do Tocantins, Santa Teresa do Tocantins, Monte do Carmo, Ponte Alta do Tocantins, Pindorama do Tocantins, Palmas, Almas, Aparecida do Rio Negro, Lajeado e Tocantínia.

Por meio do mapa gerado certificou-se que maioria das rodovias da região não são pavimentadas, como a TO 245, TO 010, TO 020 e TO 030, dentre as pavimentadas estão a TO 255 e a BR 153 que é a principal via de acesso ao Médio Tocantins.

Foram identificadas na Bacia do Rio do Sono e em áreas limítrofes 5 Unidades de Conservação que são: APA Serra do Lajeado, APA Serra Geral do Tocantins, Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, APA Serra das Mangabeiras e APA Serra da Tabatinga. Além de 2 terras indígenas: Xerente e Funil.

Dentre os empreendimentos hidroenergéticos na bacia destacam-se Rio Sono, Perdida 1, Novo Acordo, Brejão, Arara, Cachoeira da Velha, Soninho 1, Soninho 2, Jalapão, e Balsas 1 com seus respectivos inventários aprovados, a UHE Isamu Ikeda já está em operação.

Nota-se, portanto que o uso do sensoriamento e geoprocessamento de imagens para a espacialização de pontos vulneráveis dentro de uma bacia são alternativas viáveis, pois permitem obter informações importantes, de forma rápida e precisa, fundamental para o planejamento e gestão do uso de recursos disponíveis em bacias hidrográficas.

#### 4. Conclusões

O geoprocessamento possibilitou a obtenção dos dados de uso do solo e a quantificação das áreas ocupadas, mostrando-se uma ferramenta eficiente, tanto em termos de economia de tempo quanto de recursos.

Para a escala de trabalho adotado a precisão dos resultados foi muito boa permitindo uma visão bastante objetiva de todas as circunstâncias analisadas neste trabalho.

Os dados gerados podem ser utilizados no planejamento de ações assim como no monitoramento ambiental da região, já que se trata de uma área bastante sensível. Aplica-se também com as mesmas facilidades no fornecimento de subsídios para o ordenamento territorial com vistas ao uso sustentável daquela bacia, que inclui além do potencial hidrelétrico, outros usos que dependem da disponibilidade e da qualidade daquelas águas.

É importante salientar que os esforços de armazenamento de dados ambientais de bacia devem ter prosseguimento. Os dados multiespectrais obtidos por satélites podem ser

sistematicamente armazenados e processados, formando um banco de dados, uma vez que essas imagens se repetem sequencialmente a cada quinze dias.

É importante ressaltar que as imagens também permitem a avaliação de informações de conteúdo socioeconômicos, que dão outras diretrizes ao planejamento, monitoramento e uso racional dos recursos naturais da bacia do rio Sono.

Como recomendação sugere-se o uso do geoprocessamento de imagem para o mapeamento de outras classes como: solo, declividade, entre outras, fornecendo assim maiores recursos para o planejamento e gestão da bacia do Rio do Sono.

## **5. Agradecimentos**

A Universidade Católica de Brasília – UCB, pelas informações e equipamentos prestados. Ao professor e orientador Paulo Carneiro, ao professor Rômulo José da Costa Ribeiro do curso de Engenharia Ambiental da UCB e ao colega de curso Tiago Veiga Madeira Mauriz.

## **Referências Bibliográficas**

ÀVILA, C. J.C.P., ASSAD, E.D., Verdesio, J.J., EID. N.J., Soares, W. & FREITAS, M. A.V. **Geoprocessamento da Informação Hidrológica**, 1999. In: Freitas, M.A.C. (ed.) *O estado das Águas no Brasil – ANEEL/ SRH/ OMM*. Brasília.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **A avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Tocantins**. MME. Brasília, 2005.

INPE - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 11 mar. 2007.

MENDES, C. A. B. & CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos – Princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre, RS, ABRH.

SULSOFT. **Guia do ENVI em Português**. Disponível em: <http://www.envi.com.br/>. Acesso em: 01 mar. 2007.