

## Uso de imagens CBERS-2/CCD no mapeamento das áreas irrigadas e estimativa da demanda hídrica bruta no projeto de irrigação Vale do Gorutuba, Janaúba-MG

Ronaldo Medeiros dos Santos <sup>1</sup>  
Eloy de Souza Silva <sup>2</sup>  
Ronai Soares de Brito <sup>3</sup>  
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima <sup>1,4</sup>  
Nabil Joseph Eid <sup>1</sup>  
Sergio Koide <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB  
Depto. Engenharia Civil e Ambiental - Campus Darcy Ribeiro - Brasília - DF, Brasil  
ronaldoms@unb.br, njeid@unb.br, skoide@unb.br

<sup>2</sup> Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF  
Edifício Manoel Novaes - SGAN, quadra 601, conjunto I - Brasília - DF, Brasil  
eloyzsilva@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes  
Av. Reinaldo Viana, 2630 - Campus Janaúba - Janaúba - MG, Brasil  
ronaisoares@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Embrapa Cerrados - CPAC  
BR 020, km 18 - Planaltina - DF, Brasil  
jorge@cpac.embrapa.br

**Abstract.** The present work had as objective the mapping of the irrigated areas, by means of remote sensing and the rough estimate of the gross water demand in the Valley of the Gorutuba Project of Irrigation, in Nova Porteirinha - MG. CBERS-2/CCD imagery was used (free access) and taken data of literature, beyond traditional techniques of classification of orbital images. The supervised classification based in the maximum likelihood was used, your outcomes indicated satisfactory performance (overall accuracy 86%, kappa 0.81%) in the classification of the features limited to the irrigation perimeter. The land use was estimated from each mapped class, from which it was gotten the irrigated area and, from values collected in literature, the rough estimate of annual average water demand for the study area. This study was the starting point to future works with the goal to supply data to better management of the water in the region.

**Palavras-chave:** remote sensing, water resources, irrigated areas, agriculture, sensoriamento remoto, recursos hídricos, áreas irrigadas, agricultura.

### 1. Introdução

O processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica requer a identificação dos agentes que atuam em sua esfera, regulando a disponibilidade e as demandas, tanto em termos de quantidade como de qualidade. Uma das atividades que mais consomem e afetam o estado final dos recursos hídricos é a agricultura, motivo pelo qual a discriminação acerca do tipo de cultivo e da área ocupada, se torna fundamental para o equacionamento e controle do uso da água.

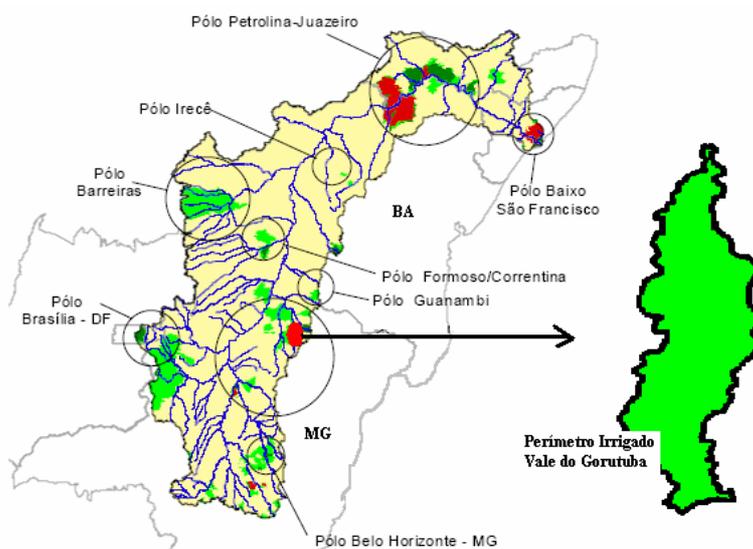
No caso específico do projeto de irrigação Vale do Rio Gorutuba, tal discriminação pode se resumir, simplificadamente, na distinção entre as áreas irrigadas e de sequeiro, uma vez que a fruticultura irrigada, representada majoritariamente pela cultura da bananeira, responde pela maior parte da área cultivada (CODEVASF, 2006).

A expansão da área plantada, como conseqüência da conquista de novos mercados consumidores, implica diretamente em aumento da demanda por água, reforçando a importância de constante estimativa, bem como da evolução ao longo do tempo.

A discriminação do uso do solo e de culturas agrícolas, assim como a previsão de safras, já é, há muito tempo, efetuada com o auxílio de imagens orbitais de satélite e técnicas de fotointerpretação e sensoriamento remoto. Com o advento dos produtos gratuitos e de alta resolução espacial do satélite CBERS, a técnica se tornou mais acessível, uma vez que os custos referentes à aquisição de imagens não mais se constituem em fatores de restrição ao seu uso. Desse modo, utilizando-se de imagens CBERS-2/CCD (INPE, 2006), de livre acesso, e de técnicas de classificação de imagens orbitais, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento das áreas irrigadas e a estimativa expedita da demanda hídrica bruta no Projeto de Irrigação Vale do Gorutuba, no município de Nova Porteirinha – MG.

## 2. Material e Métodos

O perímetro de irrigação Vale do Rio Gorutuba localiza-se na região norte do Estado de Minas Gerais, à margem direita do rio homônimo, no município de Nova Porteirinha. Estende-se por uma área aproximada de 5.286 ha e é abastecido pela água do reservatório Bico da Pedra por meio de uma rede de canais de 127 km, com vazão equivalente a 6 m<sup>3</sup>/s (CODEVASF, 1996). A **Figura 1** ilustra a localização da área de estudos.



**Figura 1** – Localização da área de estudo e outros projetos de irrigação na Bacia do Rio São Francisco (Fonte: CBHSF, 2004).

O material consistiu em duas imagens orbitais adquiridas em 2005 e 2006 pelo sensor CCD (câmera de alta resolução) do satélite sino-brasileiro CBERS-2 (*China-Brasil Earth Resources Satellite*), dados numéricos básicos do projeto de irrigação e arquivo vetorial contendo o limite do projeto.

O método utilizado abrangeu as seguintes etapas: (a) seleção das imagens no catálogo do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais); (b) análise exploratória e fotointerpretação das feições imageadas; (c) visita a campo para identificação do tipo de uso do solo e elucidação de dúvidas advindas da fase inicial de fotointerpretação; (d) classificação supervisionada da imagem selecionada; (e) mapeamento, cálculo das áreas e estimativa expedita da demanda hídrica bruta total.

## 2.1. Seleção da imagem

A seleção das imagens obedeceu aos critérios de integridade dos valores registrados pelo satélite e qualidade da composição colorida formada pelas bandas 4, 3 e 2 da câmera CCD. Para a área de estudo, encontrou-se apenas duas imagens aptas à aplicação, imageadas nos dias 15/10/2005 e 06/06/2006, ambas da órbita/ponto 153-117.

## 2.2. Análise exploratória e fotointerpretação

Nesta fase, preparou-se uma composição colorida, alocando-se as bandas 4 (infravermelho próximo), 3 (vermelho) e 2 (verde) nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente, obtendo-se assim um maior destaque (em vermelho vivo) para as áreas de alto vigor vegetal, típico de áreas irrigadas, banhados e matas de galeria.

Por meio das imagens coletadas em épocas distintas, analisou-se visualmente os padrões, com o objetivo de se verificar a sazonalidade do uso do solo. A escolha pela análise visual baseou-se no fato de que as imagens, embora apresentassem os mesmos padrões de resposta espectral, não se apresentaram compatíveis em termos de intensidade. Mesmo com a aplicação de técnicas clássicas de tratamento a homogeneidade não foi atingida.

## 2.3. Visita a campo

Foi feita uma visita a campo em outubro de 2006, compatível com a data da geração da imagem de 2005. O objetivo foi verificar, *in loco*, as características e a ocorrência das feições imageadas, assim como elucidar dúvidas advindas da fase preliminar de fotointerpretação. Por meio de um equipamento de posicionamento global, foram coletados pontos representativos do uso e ocupação do solo.

## 2.4. Classificação supervisionada

Selecionou-se a imagem correspondente ao dia 15/10/2005, por ser a que apresentou as melhores condições de integridade dos valores digitais registrados pelo satélite na composição R-G-B: 4-3-2.

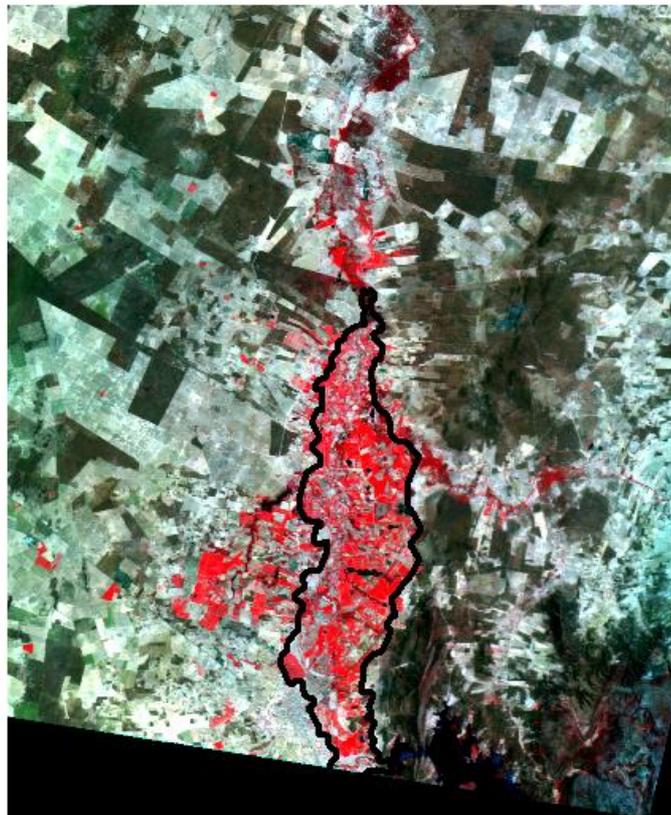
Optou-se pela aplicação de um método supervisionado de classificação. Foram definidas classes de uso e ocupação tendo-se por base as fases de fotointerpretação e de visita a campo. As classes definidas foram utilizadas para treinamento, classificação e avaliação da qualidade. Os parâmetros de avaliação da qualidade selecionados foram a acurácia total, o índice kappa e a matriz de comissão/omissão.

## 2.5. Cálculo da área ocupada e estimativa da produção e da demanda hídrica bruta total

A imagem classificada foi posteriormente exportada para um sistema de informações geográficas, por meio do qual foram obtidos o número de *pixels* pertencentes à cada classe. De posse do número total de *pixels* e da área unitária (0.04 ha) obteve-se a área total ocupada por cada classe previamente definida.

## 3. Resultados e Discussão

Apresenta-se por meio da **Figura 2** uma composição colorida R-G-B : 4 -3 - 2. para um recorte da imagem 153 - 117 - 5/10/2005, selecionada do banco de dados do INPE, na qual também se encontra em destaque o limite físico do projeto de irrigação. Na presente composição, todas as áreas de alto vigor vegetal apresentam-se na cor vermelha.



 Limite físico do perímetro irrigado

**Figura 2** – composição colorida RGB (bandas 4, 3 2) do recorte da imagem para a área de estudo e limite físico do projeto de irrigação Vale do Gorutuba.

Por meio da visita a campo foram identificadas as seguintes classes principais de uso e ocupação do solo: (i) fruticultura irrigada, em sua quase totalidade representada pela cultura da bananeira; (ii) matas de galerias e banhados, sendo esses últimos de freqüente e abundante ocorrência nos drenos artificiais e nas partes mais baixas do projeto com problemas de drenagem; (iii) solo exposto, abrangendo áreas de sequeiro e pastagens altamente degradadas de pouca cobertura do solo e áreas desmatadas; (iv) áreas de cerrado e/ou florestas, cujas ocorrências foram mais freqüentes em áreas fora do limite do projeto de irrigação; (v) corpos d'água que, a não ser pela presença de pequenas lagoas, só foram identificados em áreas externas ao limite do projeto.

Utilizou-se um classificador de máxima verossimilhança variando-se a forma de seleção dos *pixels*-amostra. Foram obtidos vários resultados, sendo o melhor, consequência da escolha dos *pixels* mais puros como representantes das classes pré-definidas. Por meio da análise de performance observou-se uma acurácia global equivalente a 86 %, significando que do total de 3014 *pixels* definidos na amostras de avaliação, 2593 foram corretamente classificados por meio das amostras de treinamento e classificação. Uma outra forma de expressar a acurácia é por meio do índice kappa. Quanto mais próximo de 1 maior a precisão do processo, que no presente caso foi da ordem de 0,81.

Na **Tabela 1** encontram-se apresentados os valores de comissão (*pixels* não pertencentes à classe definida, porém, incorretamente classificados como pertencentes à mesma) e omissão (*pixels* realmente pertencentes à classe definida, mas não classificados como pertencentes à mesma), em percentagem e em termos de número de *pixels*.

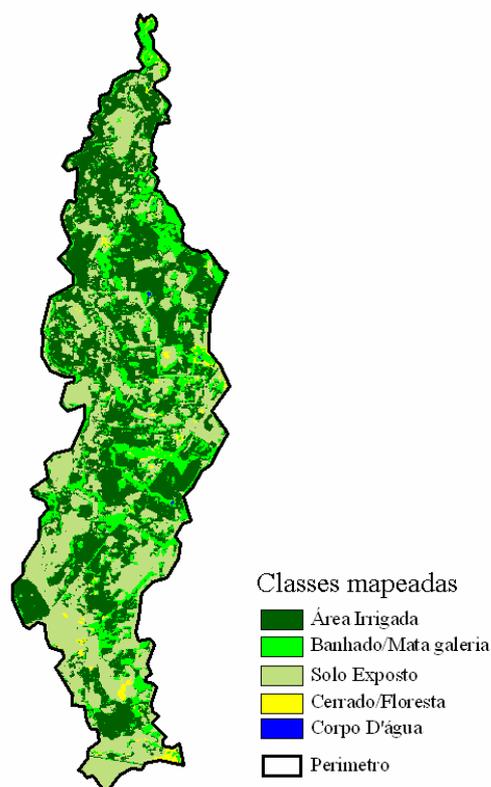
**Tabela 1** – Matriz de confusão - classificação não-supervisionada máxima verossimilhança

Classe	Comissão (%)	Omissão (%)	Comissão (pixels)	Omissão (pixels)
Corpo d'água	0,00	0,00	0/176	0/176
Banhado/mata galeria	69,95	1,10	419/599	2/182
Cerrado/floresta	0,00	27,55	0/1099	418/1517
Área irrigada	0,51	0,26	2/391	1/390
Solo exposto	0,00	0,00	0/749	0/749

Para as classes Solo exposto, Corpo D'água e Área Irrigada, verificou-se um baixo índice de confusão e de omissão. Isto se deveu ao fato de que eram as classes mais homogêneas e com o maior nível de destaque dentre as demais presentes na área de estudo. O considerável erro de omissão para a classe Cerrado/floresta se deveu ao fato de que pixels sombreados, pelo relevo ou por imperfeições na imagem, pertencentes a essa classe não foram classificados como tal, assim como também, as áreas de fronteira com a classe 2 (banhado/mata galeria) foram constantemente classificadas como pertencentes à mesma, o que explica também o alto índice de comissão nesta classe.

Os resultados da análise de acurácia são representativos para todo o recorte submetido à classificação, onde as imperfeições da imagem e o nível de mistura entre as classes ainda se fizeram presentes. Analisando-se apenas a área limitada pelo perímetro de irrigação, verificou-se que o nível de precisão da classificação foi maior, como consequência da melhor qualidade da imagem e maior distinção entre as classes na referida área.

Na **Figura 3** encontra-se apresentado o resultado obtido para a região compreendida entre os limites do projeto.



**Figura 3** – Uso e ocupação do solo no projeto de irrigação Vale do Rio Gorutuba.

O resultado, exportado para um sistema de informações geográficas, deu origem à **Tabela 2**, na qual encontram-se apresentados os valores de área, em hectares, por classe.

**Tabela 2** – área ocupada por classe de uso/ocupação do solo: área do perímetro irrigação

Classe	Área (ha)
Área Irrigada	4.171,00
Banhado/Mata galeria	1.685,00
Solo Exposto	3.462,00
Cerrado/Floresta	141,00
Corpo D'água	5,00
<b>Total</b>	<b>9.464,00</b>

O valor total de área não coincidiu com a área citada em documentos oficiais da CODEVASF. Possivelmente, a área citada, equivalente a 5.286 ha, corresponde à apenas a área útil do projeto, que é a soma da área irrigada, com pequenos lotes de sequeiro, também cultivados, e povoados rurais, (classe Solo Exposto) que não foram contemplados na presente análise.

Por meio da análise multi-temporal simplificada e do trabalho de visita a campo, verificou-se que a grande maioria da área irrigada encontra-se ocupada por culturas perenes e semi-perenes. Como, segundo a CODEVASF (2006), a área é predominantemente ocupada pelas culturas da bananeira (83%), da mangueira (8,5%) e do limoeiro (2,1%), pode-se estimar, de modo simplificado, a quantidade de água a ser derivada do reservatório do Bico da Pedra, conforme apresentado na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Demanda hídrica das principais culturas no projeto de irrigação Vale do Gorutuba

Cultura	Área (ha)	Demanda unitária (média)	Densidade (unid/área)	<b>Total (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Banana	3461,93	31 L/planta*dia	1.250 plantas/ha	48.964.672,44
Manga	294,2641	60 L/planta*dia	250 plantas/ha	1.611.095,674
Limão	91,762	90 L/planta*dia (a partir do 6º ano de plantio)	416 plantas/ha	1.253.982,787
<b>Total</b>				<b>51.829.750,9</b>

Fonte: Oliveira et al. (2005), Cordeiro et al. (2006), Teixeira et al. (2004). Coelho, et al. (2004), SEAGRI (2005).

#### 4. Conclusões e recomendações

Tendo em vista os objetivos inicialmente propostos e os métodos utilizados para o seu alcance, pode-se chegar às seguintes conclusões e recomendações:

a) – A composição colorida 4-3-2, gerada a partir da imagem CBERS-2/CCD selecionada apresentou incoerências na resposta espectral dos alvos em algumas áreas da imagem. Na região limitada pelo perímetro de irrigação tal fato não ocorreu, o que permitiu resultado satisfatório confinando-se o processo de análise ao polígono do projeto.

b) – O resultado da classificação foi considerado satisfatório para as áreas limitadas pelo perímetro de irrigação, onde a homogeneidade das classes e a distinção entre as classes facilitaram o processo de coleta das amostras e contribuiu para uma melhor performance do classificador nessa área;

c) – As áreas irrigadas podem estar sub-estimadas, uma vez que o classificador reconheceu como solo exposto alguns locais com resposta espectral misturada, composta de solo e vegetação irrigada, típica de novos plantios;

d) – Consequentemente, as áreas de solo exposto agrupam a classe Agricultura de Sequeiro, que representa apenas uma pequena parcela no projeto, e agricultura irrigada em estágio inicial ou entre safras (repouso/solo preparado);

e) – Os valores de demanda hídrica por cultura são médias de valores que variam com o decorrer da estação do ano e do ciclo da cultura, representando assim, apenas uma estimativa expedita do volume de água a ser alocado no lago do Bico da Pedra para essa finalidade;

f) – Tendo-se disponível uma série multi-temporal de boa qualidade para a área de estudo, pode-se aprofundar no conhecimento da dinâmica do uso do solo, o que, juntamente com outras informações sobre ciclos culturais e tipos de cultivo, conferiria um maior nível de precisão à demanda hídrica bruta;

g) – O aprofundamento das questões referentes ao uso da terra pela agricultura irrigada poderá trazer resultados futuros importantes para a região estudada, como auxílio à operação do reservatório do Bico da Pedra por meio da quantificação da demanda, avaliação da influência histórica do aumento da área irrigada na qualidade da água do Rio Gorutuba a jusante do perímetro de irrigação, dentre outros.

## 5. Referências Bibliográficas

Bassoi, L. H.; Teixeira, A. H. C.; Soares, J. M.; Pinto, J. M. **Cultivo da mangueira – Irrigação**. Disponível em < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/irrigacao.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2006.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. Módulo 1. Salvador – BA. 319p. 2004.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Relatório anual do perímetro Gorutuba**. Brasília: CODEVASF. 49 p. 1996.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Projeto Gorutuba**. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acesso em 28 out. 2006.

Coelho, E. F.; Magalhães, A. F. J.; Filho, M. A. C. **Irrigação e fertirrigação em citros**. Cruz das Almas, BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 72).

Cordeiro, Z. J. M.; Fancelli, M.; Almeida, C. O.; Medina, V. M.; Silva, S. O.; Ritzinger, C. H. S. P.; Borges, A. L.; Souza, L. S.; Lima, M. B.; Coelho, E. F.; Carvalho, J. E. B.; Folegatti, M. I. S.; Souza, A. S.; Trindade, A. V.; Matos, A. P.; Filho, P. E. M.; Barbosa, N. M. L.; Lins, V. B. A. **Cultivo da banana para o Projeto Formoso**. Disponível em < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaFormoso/index.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2006.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CBERS - **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**. Disponível em: < [http://www.cbbers.inpe.br/pt/index\\_pt.htm](http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm)>. Acesso: 12 set. 2006.

Oliveira, S. L.; Borges, A. L.; Coelho, E. F.; Filho, M. A. C.; Silva, J. T. A. **Uso da irrigação e da fertirrigação na produção integrada de banana no Norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas, BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 77).

SEAGRI – Secretaria da Agricultura e da Pecuária. **Sistema de informação gerencial agrícola**, 2005. Disponível em < <http://www.seagri.ce.gov.br/siga/cproducao/Limao.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2006.