

Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais

Isa Maria de Paula Boratto¹
Reinaldo Lúcio Gomide²

¹ Mestranda da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Geografia - Bolsista do Convênio Embrapa/Monsanto/Funarbe, Av. Itaú, 505 - Prédio Emaús - Bairro Dom Cabral – CEP 30535-012 - Belo Horizonte - MG – Brasil
isaboratto@yahoo.com.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milho e Sorgo
Rodovia MG 424 – Km 45 – Caixa Postal 151 – CEP 35702-098 – Sete Lagoas – MG – Brasil
gomide@cnpms.embrapa.br

Abstract. Through image registration, it became possible analyzes of the relationship among environment target spatial location, image spectral variation, and soil cover vegetation variation. The data updating was also facilitated, once mounted a given database, it should become easier to generate a soil cover vegetation updated map, thereby obtaining a dynamic result, as closest as possible to reality information. This study aimed to generate the spatial variation of the land cover vegetation conditions in the North of Minas Gerais (Irrigated District of Gorutuba, inserted in the cities of Nova Porteirinha, Janaúba, Porteirinha, Verdelândia, and Pai Pedro) from spectral analyzes of Landsat-5 TM satellite images by means of remote sensing and GIS techniques, applying the calculation of the vegetation indexes (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI, Soil Adjusted Vegetation Index-SAVI and Leaf Area Index-LAI) methodologies for vegetation characterization in the studied region. The thematic maps originated allowed detecting and separating into different classes the vegetation cover in the studied region. Information obtained on vegetation cover in both study periods, one dry and other wet, showed the changes of vegetation in the study area according to the three vegetation indexes studied. The results indicated higher NDVI, SAVI, and LAI values (0.70 -0.94) for the wet period due to the formation of a dense vegetation, caused by the good soil profile water availability, which provided better conditions in the development of native vegetation and areas of pastures for cattle. The index SAVI emphasized more the influence of exposed soil, especially in the dry period.

Palavras-chave: remote sensing, geographic information systems, spatial distribution of land cover, thematic maps, irrigated district, sensoriamento remoto, geoprocessamento, espacialização da cobertura do solo, mapas temáticos, perímetro irrigado.

1. Introdução

Através do registro de imagens, tornou-se possível as análises de relacionamento entre localização espacial de alvos do meio ambiente, variação espectral da imagem e variação da cobertura vegetal dos solos. A atualização dos dados também ficou extremamente facilitada, uma vez que, montada a base de dados, ficou muito fácil produzir uma cobertura vegetal atualizada do solo, obtendo assim um resultado dinâmico e, portanto, mais próximo do real.

De acordo com Ponzoni (2001), a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação (alvo), não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como: a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto das folhas quanto do dossel, os teores de umidade do solo, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996).

A modelagem dos índices de vegetação baseia-se no comportamento oposto da refletância da vegetação na região do visível, ou seja, quanto maior a densidade vegetal, menor é a refletância em função da absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes e quanto maior a densidade vegetal, maior a refletância devido ao espalhamento nas diferentes camadas das folhas.

Este trabalho teve como objetivo a espacialização e geração de mapas temáticos das condições de cobertura vegetativa dos solos para a região Norte de MG, a partir de análises espectrais de imagens do satélite Landsat-5 TM, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento (SIG), associada à metodologia de cálculos de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) para a caracterização da vegetação da região estudada.

2. Metodologia de Trabalho

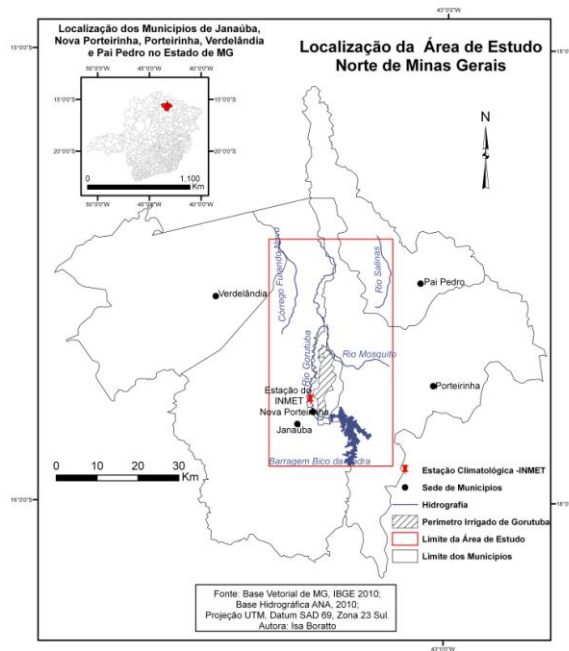
A área da pesquisa é o Perímetro Irrigado de Gortuba, que está inserida entre os municípios de Nova Porteirinha, Janaúba e Porteirinha e parte dos municípios de Verdelândia e Pai Pedro, na região Norte do Estado de Minas Gerais, coordenadas geográficas de 15°47' de latitude sul e 43°18' de longitude oeste e a altitude média de 516 metros. Utilizou-se duas imagens de satélite do Mapeador Temático Landsat-5 (Landsat 5 TM), que caracterizaram dois períodos de estudo, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010), cobrindo a área do perímetro irrigado de Gortuba na região norte de MG, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A identificação das imagens é órbita 218 ponto 71, a projeção adotada foi a *Universal Transverso de Mercator* e DATUM *South American Datum 69* (SAD 69), zona 23 sul (Figura 1).

As imagens de satélites foram calibradas e processadas no software Erdas 2011 e os mapas temáticos foram gerados no ArcGIS 9.3.

Usando os correspondentes coeficientes de calibração de cada banda (L_{\min} e L_{\max}) do satélite Landsat 5 TM, converteu-se os números digitais (DN) de cada pixel em radiância espectral (L_{λ} , Equação 1). Isto porque os satélites medem as radiâncias espectrais emitidas e refletidas pelos alvos e armazenam os dados em formato digital. As radiâncias espectrais representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, do ângulo sólido e do comprimento de onda, medida nos sensores a bordo do satélite, que no caso do Landsat 5 TM correspondem as medidas realizadas nos canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (Tabela 1).

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \right) * DN + L_{\min} \quad (1)$$

onde: L_{λ} é a radiância espectral para banda λ ($W/m^2/sr/\mu m$), L_{\max} e L_{\min} são os coeficientes de calibração das respectivas radiâncias espectrais de cada banda λ ($W/m^2/sr/\mu m$); DN é o número digital da imagem (0 a 255).



Figural: Mapa de localização da área de estudo cobrindo o perímetro irrigado do Gorutuba, Norte de Minas Gerais.

Tabela 1. Descrição dos canais para o Satélite Landsat 5 TM com os respectivos coeficientes de calibração L_{max} , L_{min} e K).

Descrição dos Canais	Comprimento de onda	L_{min}	L_{max}	K
Banda 1 (azul)	0,45 - 0,52	-1,765	178,941	1957
Banda 2 (verde)	0,53 - 0,61	-3,576	379,055	1829
Banda 3 (vermelho)	0,62 - 0,69	-1,502	255,695	1557
Banda 4 (infra-vermelho próximo)	0,78 - 0,90	-1,763	245,303	1047
Banda 5 (infra-vermelho médio)	1,57 - 1,78	-0,411	30,178	219,3
Banda 6 (infra-vermelho termal)	10,4 - 12,5	1,238	15,600	-
Banda 7 (infra-vermelho médio)	2,10 - 2,35	-0,137	13,156	74,52

Fonte: Tabela retirada do Manual SEBAL -*Surface Energy Balance Algorithms for Land* Anexo 6, 2002, p 62.

Uma vez que a superfície apresenta uma refletância isotrópica, a radiação espectral deve ser integrada hemisfericamente, o que corresponde multiplicar a radiância espectral (L_λ) por π esterorradianos (Equação 2). A refletância espectral planetária no topo da atmosfera é a razão entre o fluxo da radiação refletido e o fluxo de radiação incidente. (ALLEN, 2002)

$$\rho_\lambda = \frac{\pi * L_\lambda}{K * \cos \theta * d_r} \quad (2)$$

onde: ρ_λ : é a refletância espectral da banda λ ; L_λ é a radiância espectral para banda λ ($W/m^2/sr/\mu m$); K é a irradiância espectral (Tabela 1), $\cos \theta$ é o cosseno do ângulo zenital solar obtido através do cabeçalho das imagens Landsat 5 TM; d_r é o inverso do quadrado relativo da distância terra sol (Equação 3).

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos(DOY \frac{2\pi}{365}) \quad (3)$$

onde: DOY é o dia Juliano do ano e o ângulo é dado em radianos.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho e pela soma dessas mesmas reflectividades (Equação 4, Rouse et al., 1973). O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1. Nas superfícies que contêm água ou nuvens, esta variação é sempre menor do que 0.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (4)$$

onde: ρ_3 e ρ_4 são os valores da refletância das bandas 3 e 4 do Landsat 5 TM.

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice definido pela Equação 5, que leva em consideração efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, para ajuste do NDVI quando a superfície não esta completamente coberta pela vegetação.

$$SAVI = \frac{(1 + L_s)(\rho_4 - \rho_3)}{(L_s + \rho_4 + \rho_3)} \quad (5)$$

onde: L_s é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo. Conforme Huete (1988) um valor para L_s de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de L_s for 1 para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI. Portanto O valor de L_s mais utilizado é 0,5.

O Índice de Área Foliar (IAF) é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela seguinte equação empírica (ALLEN, 2002):

$$IAI = \frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91} \quad (6)$$

3. Resultados e Discussão

Os valores de NDVI quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (ROSENDO, 2005). Os maiores valores de NDVI correspondem aos Números Digitais (ND) mais elevados, que se relacionam às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equiivalem aos ND baixos, representando as áreas de vegetação estressada, bem menos densas ou até mesmo áreas desnudas. Jensen (2009) apresenta alguns pontos positivos e negativos na utilização do NDVI. Para esse autor, a importância desse índice concentra-se em dois aspectos o monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da atividade e do desenvolvimento da vegetação e 2) a redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar, através da razão descrita pela Equação 4.

A Figura 2 mostra os mapas das imagens processadas referente aos cálculos de NDVI, para os dois períodos estudados, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010). Verifica-se que nos dois períodos ocorreram valores negativos de NDVI, que podem ser observados nos mapas na cor azul, representando a Barragem Bico da Pedra e também na cor verde, a sudeste da imagem relativa ao período úmido (NDVI=-0,02). Já na imagem do período seco (17/08/2010), a cor verde apresenta um valor de NDVI muito próximo a zero, o que caracteriza uma vegetação seca, com pouca vegetação (bem menos densa ou rala) ou mesmo áreas com os solos expostos. Também nessa mesma imagem são observados os maiores valores de NDVI (0,48 - 0,81), representados pelo Perímetro Irrigado de Gorutuba, que é a parte central da imagem e na parte sudeste, próximo à barragem Bico da Pedra, encontram-se áreas preservadas com a vegetação nativa.

No período úmido (24/01/2011) foram observados os valores mais altos (0,70 -0,94) de NDVI, devido à apresentação de uma vegetação mais densa na região, resultado da boa disponibilidade de água no perfil solo, que proporcionou melhores condições no desenvolvimento da vegetação nativa e das áreas de pastagens.

NDVI

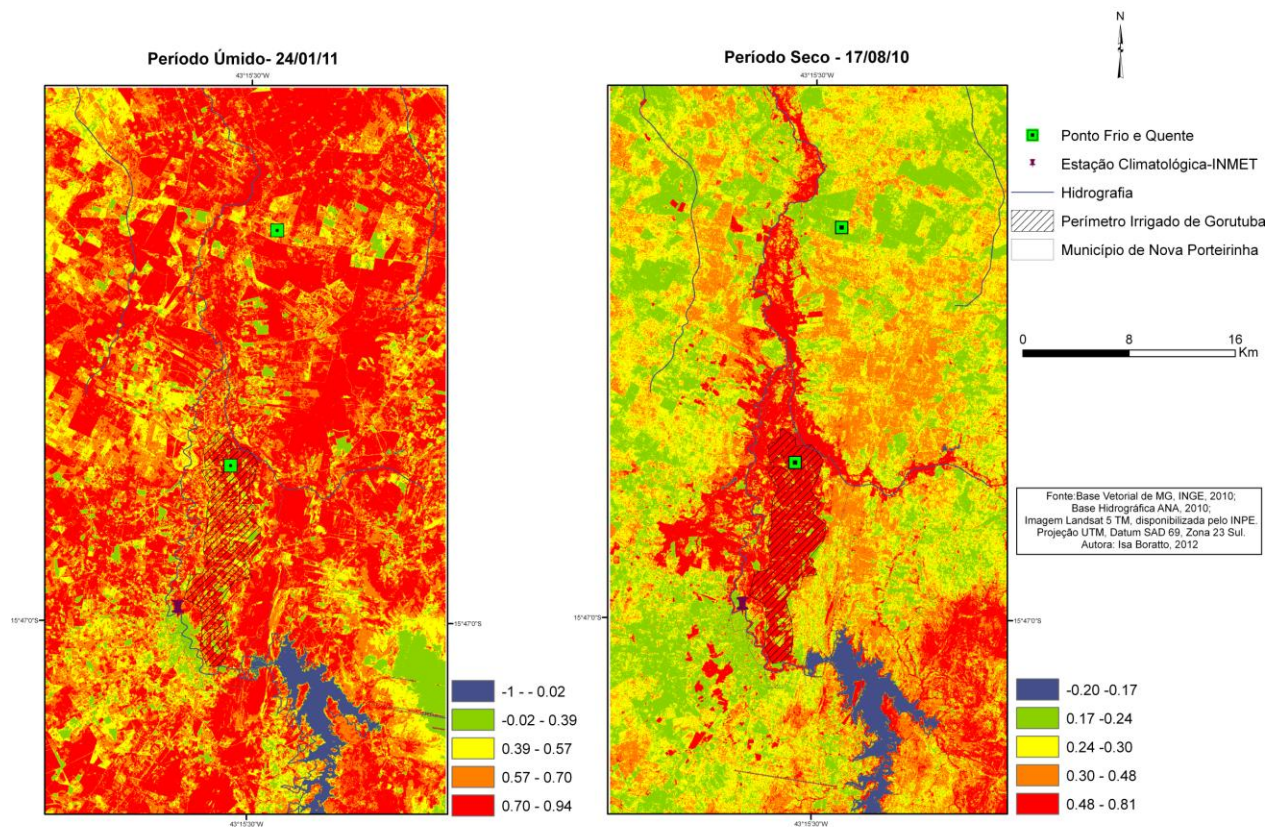


Figura 2: Mapas das imagens processadas referentes aos cálculos de NDVI, para dois períodos, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010).

O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), que procura minimizar os efeitos da reflectância do solo ao considerar a incorporação de um fator de ajuste dependente da densidade de vegetação (GILABERT et al, 2002; EASTMAN, 2006).

Os mapas das imagens processadas referentes aos cálculos do SAVI, para dois períodos, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010), são mostrados na Figura 3. O valor do fator de

ajuste usado no SAVI no processamento das imagens foi de 0,5. Os resultados do SAVI expressam similaridades em relação aos resultados obtidos com os valores NDVI (Figura 2). O SAVI destacou mais a influência do solo exposto, principalmente no início da retomada do desenvolvimento da vegetação nas áreas estudadas. Verifica-se nas duas imagens que os valores negativos do SAVI estão representando a água (cor azul) e a nuvem na imagem do período úmido (cor verde). Na imagem do período seco, este intervalo do SAVI varia entre -0,03 a -0,09 e para o período úmido a variação é de -0,06 a -0,10. Na Figura 3, os valores mais baixos do índice SAVI são áreas com uma vegetação mais rala ou solo exposto (verde e amarelo) e os maiores valores do SAVI são áreas com uma vegetação mais densa (vermelho).

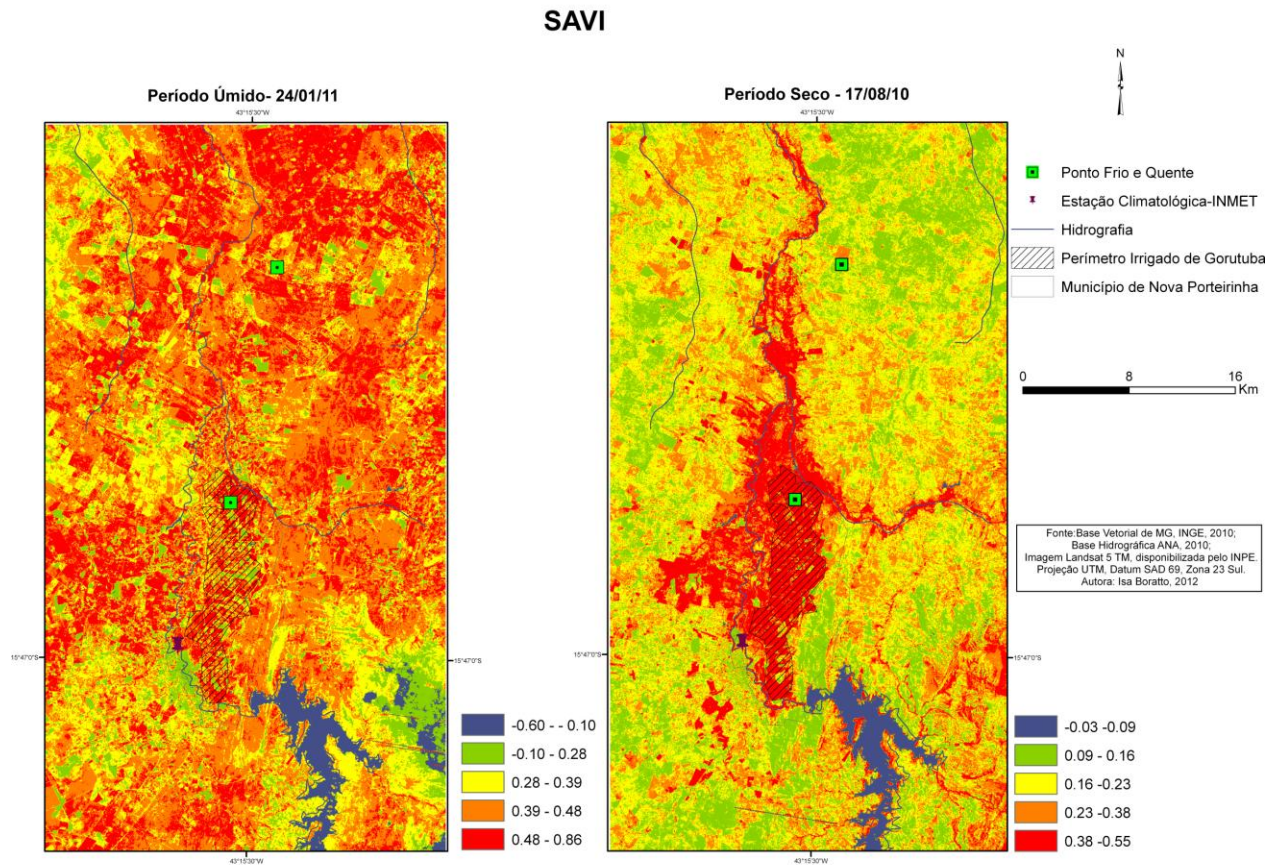


Figura 3: Mapas das imagens processadas referentes aos cálculos do SAVI, para dois períodos, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010).

O índice de área foliar (IAF) é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, constituindo-se portanto em um índice biofísico, que é definido pela razão entre a área foliar de toda vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação..

Como o IAF é um subproduto do NDVI e SAVI, as análises dos resultados obtidos para esse índice são muito semelhantes aos resultados já apresentados nas Figuras 2 e 3. . A Figura 4 mostra os mapas das imagens processadas referentes aos cálculos do IAF, para dois períodos, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010). Os resultados indicam que na imagem do período seco, a barragem Bico da Pedra está sendo representada pela cor verde (IAF=-0,20), devido a divisão adotada de cinco classes, no processo de classificação não supervisionado) . Ficou difícil

visualizar os pixels referentes aos valores negativos de IAF (-0,04 - -0,02) nas imagens devido à resolução baixa do satélite nos mapas temáticos.

Um fator que se assemelha em relação às duas imagens estudadas na Figura 4 é que os maiores valores do IAF (cor vermelha) estão concentrados no Perímetro Irrigado de Gorutuba. Os valores de IAF foram 5% maiores no período úmido em relação ao período seco, devido à melhor disponibilidade hídrica no perfil do solo; conseqüentemente essa condição favoreceu um melhor vigor vegetativo (maior biomassa).

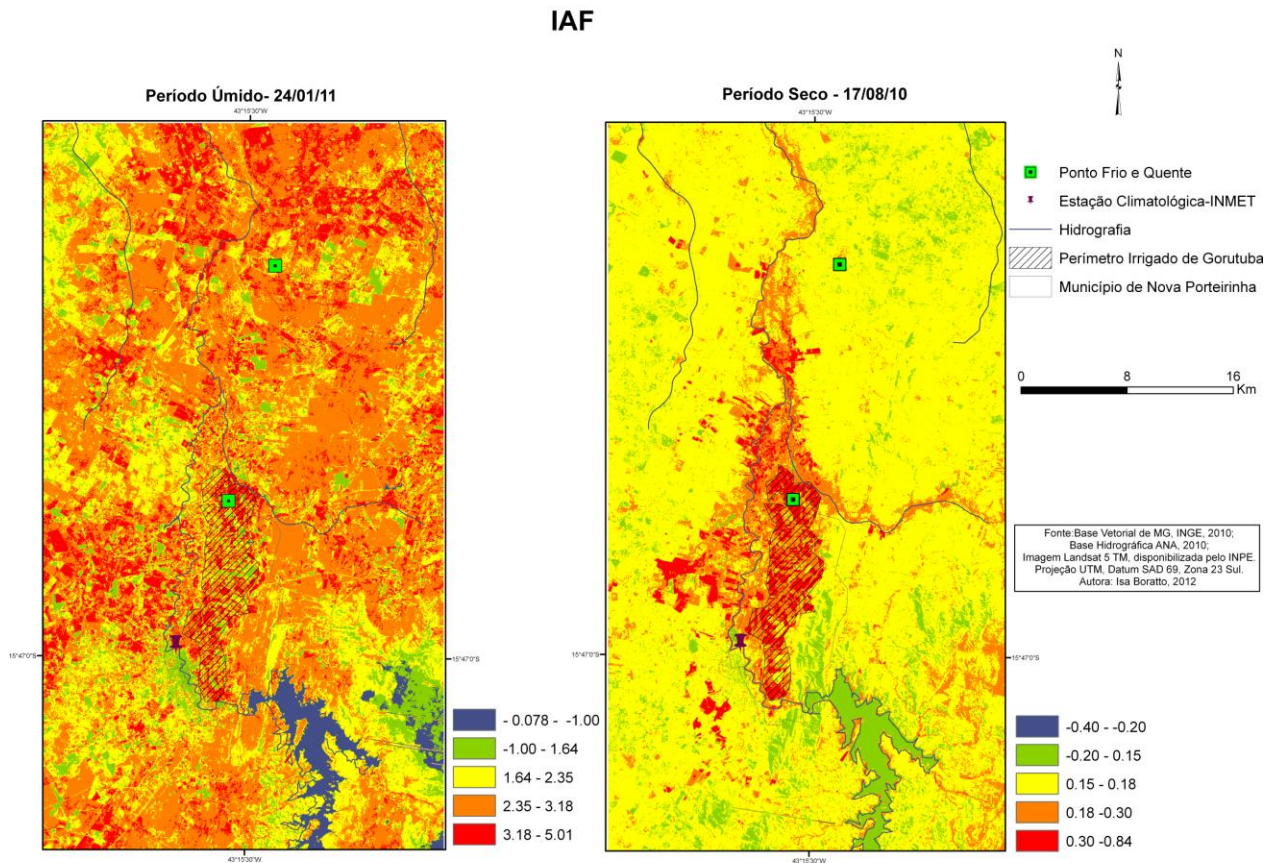


Figura 4: Mapas das imagens processadas referentes aos cálculos do IAF, para dois períodos, um úmido (24/01/2011) e outro seco (17/08/2010).

4. Conclusões

Os mapas temáticos das imagens processadas com os três índices estudados permitiram detectar e separar em diferentes classes a cobertura vegetal na região estudada. As informações obtidas da cobertura vegetal em ambos os períodos de estudo, um seco e outro úmido, mostraram as mudanças de vegetação nas diferentes áreas da região, baseado nos resultados dos três índices de vegetação estudados. O índice SAVI enfatizou mais a influência de solo exposto, especialmente no período seco.

Os valores obtidos dos três índices estudados (NDVI, SAVI e IAF) estão diretamente ligados à disponibilidade hídrica do perfil do solo. Por isso, a imagem do período úmido é mais homogênea e não apresenta visualmente áreas com valores muito baixos desses três índices, que

caracterizariam áreas degradadas, as quais são possíveis de serem visualizadas com mais nitidez na porção norte das imagens do período seco.

Finalmente conclui-se que a utilização dos três índices relativos à vegetação (NDVI, SAVI e IAF) são ferramentas importantes para o manejo, caracterização e uso e ocupação do solo.

Agradecimentos

Trabalho financiado pelos projetos de Pesquisa MP2 Seca Cereais Embrapa/Monsanto/Funarbe - Código 02.08.10.003.00.02 e Determinação da produtividade da água em diferentes ecossistemas da Bacia do Rio São Francisco no Norte de Minas Gerais, a partir de imagens de satélites e de dados de uma rede de estações agrometeorológica - Código 02.10.06.004.00.00. À Embrapa/Monsanto/Funarbe, pela concessão de bolsa a primeira autora.

Referências Bibliográficas

Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 2002a.

Eastman, J.R. **Idrisi Andes – Guide to GIS and Image Processing**. Clark Laboratory. Clark university. Worcester/MA. USA. 2006. 284p.

Epiphânio, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

Gilabert, M.A; González-Piqueras; J; García-Haro, F.J; Melia, J. A generalized soil-adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**. v. 82. p. 303–310. 2002.

Jensen, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphânio et al. São José dos Campos. SP. 2009

Ponzoni, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

ROSENDO, J. dos S. Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, **Proceedings**, NASA SP-351, NASA, Washignton, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.