

# GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE PRODUTOS DERIVADOS DE IMAGENS AVHRR-NOAA NO AGRITEMPO

JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES<sup>1</sup>, JÚLIO CÉSAR D. M. ESQUERDO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Matemático, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041 - 13083-886, Campinas - SP, joaof@cnptia.embrapa.br  
<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, julio@cnptia.embrapa.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** A geração de produtos AVHRR-NOAA demanda muito tempo e requer uma técnica automatizada para processamento das imagens devido a sua alta resolução temporal. Este artigo descreve a aplicação de um sistema NAVPRO para processamento de imagens e geração de produtos espectrais AVHRR-NOAA totalmente automático, adotado pelo Agritempo desde 2005. Os resultados têm mostrado que quando as imagens são livres de muitas nuvens, o sistema é eficaz, gerando produtos calibrados e geometricamente precisos, com erros não maiores que um pixel. O NAVPRO tem sido uma ferramenta importante para usuários de imagens do satélite NOAA, especialmente os que necessitam de uma grande série temporal com alta precisão geométrica para monitoramento terrestre.

**PALAVRAS-CHAVE:** sensoriamento remoto, processamento de imagens, série temporal.

## AUTOMATIC GENERATION OF AVHRR-NOAA IMAGES PRODUCTS IN AGRITEMPO

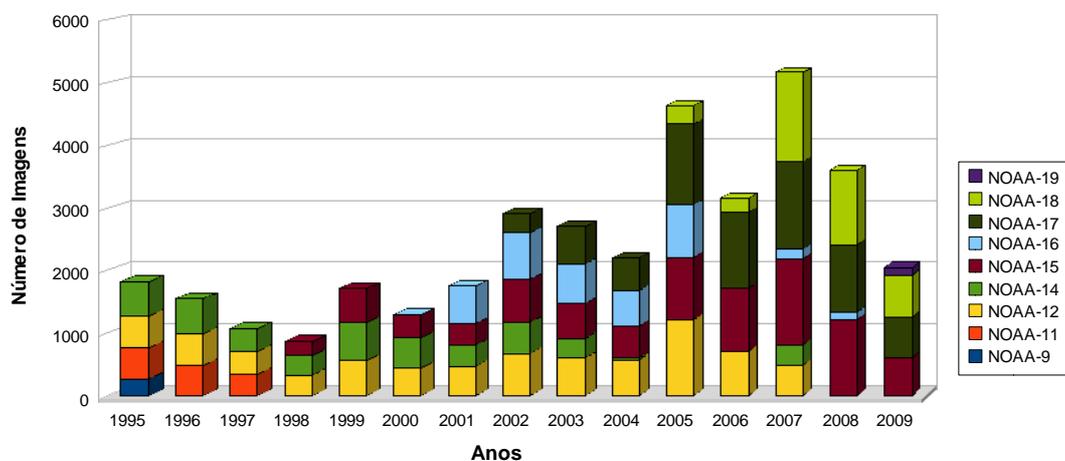
**ABSTRACT:** Making products for AVHRR-NOAA imagery is time-consuming and an automated technique for image processing is required due to its high temporal resolution. This paper describes the application of a full-automated NAVPRO system for AVHRR-NOAA image processing and spectral products generation, which is being adopted by Agritempo since 2005. The results have shown that when using cloud-free images, the system is effective, making geometrically precise products calibrated, with errors not greater than a pixel. The NAVPRO has showed to be an important tool for NOAA satellite image users, especially those who need to use large time-series with high geometric precision for land monitoring.

**KEYWORDS:** remote sensing, image processing, time-series.

**INTRODUÇÃO:** Nos últimos anos as imagens de sensores remotos orbitais têm sido uma fonte importante de informação para estudos geográficos, agrometeorológicos e ambientais em nível regional, por proverem a necessária visão temporal da superfície terrestre. Um sensor particularmente importante é o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), a bordo da série de satélites da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os dados AVHRR-NOAA de elevada repetitividade temporal, resolução espacial de 1,1 km no nadir, com garantia de cobertura diária e de aquisição gratuita, possuem características fundamentais para esses estudos e continuam tendo um grande potencial de uso em função da disponibilidade de longas séries temporais armazenadas em acervos históricos espalhados por todo mundo. Porém, o elevado número de imagens AVHRR-NOAA numa série temporal torna a geração de produtos uma rotina trabalhosa e com um certo nível de intervenção humana. A etapa fundamental para a geração de produtos confiáveis é o georreferenciamento preciso das imagens, o que nem sempre é possível de ser feito de forma automática por meio dos softwares atualmente disponíveis. Diante dessas dificuldades e da necessidade de se gerar produtos com boa precisão geométrica e radiométrica, o presente

trabalho aborda o processamento e a geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA, sem qualquer intervenção humana, disponibilizados no Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA e CEPAGRI/UNICAMP, 2009), para a aplicação em estudos de monitoramento temporal terrestre.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) possui um acervo de imagens AVHRR-NOAA iniciado em abril de 1995, com aproximadamente 3,5 terabytes de dados. Atualmente são recebidas em média 20 imagens por dia dos satélites NOAA-15, 17, 18 e 19, em operação. A Figura 1 mostra o gráfico da quantidade anual de imagens presentes no acervo histórico do CEPAGRI, que hoje já passa de 36 mil arquivos.

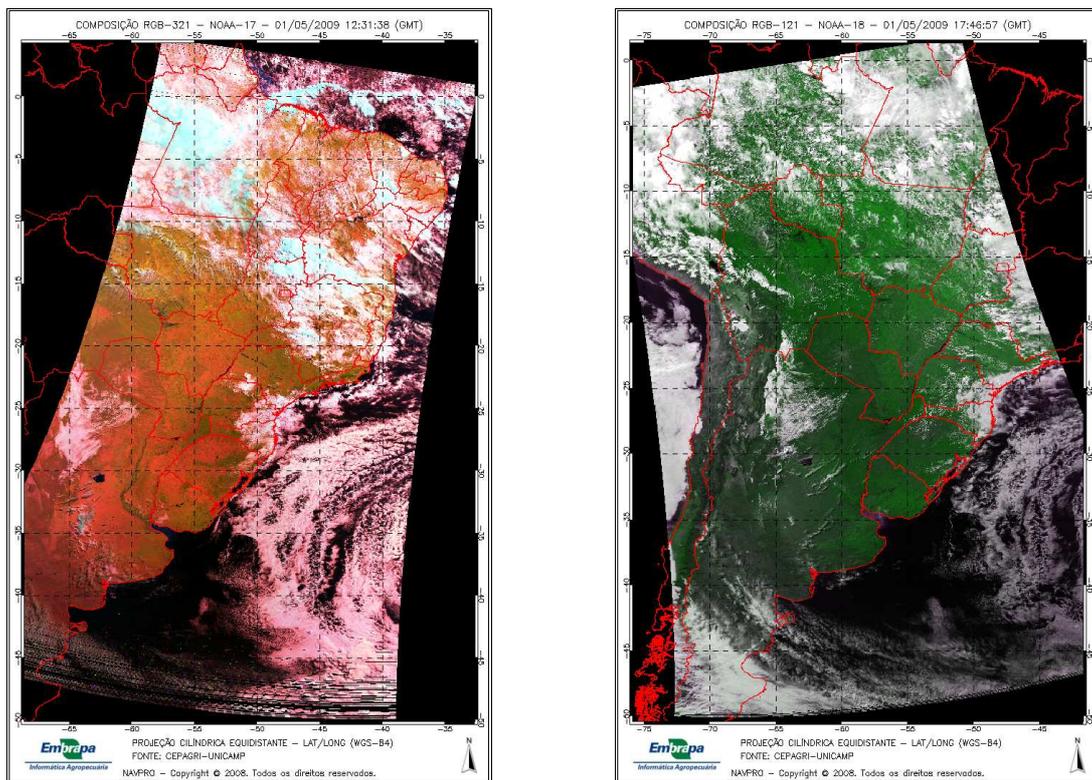


**Figura 1:** Total de imagens por ano do acervo histórico do CEPAGRI/UNICAMP.

Para manipulação dessa série temporal de imagens vem sendo utilizado o sistema NAVPRO desenvolvido por ESQUERDO et al. (2006), que consiste em um procedimento automático desenvolvido em script *c-shell* compatível com a plataforma Linux, para processamento e geração de produtos das imagens AVHRR-NOAA. A primeira parte do sistema é composta por um conjunto de comandos que acionam os módulos do pacote de software NAV implementado em linguagem C, para conversão do formato bruto, calibração radiométrica e georreferenciamento preciso. A calibração radiométrica é feita após a conversão da imagem em seu estado bruto, onde os valores de nível de cinza são convertidos para refletância aparente (no topo da atmosfera) para as bandas 1, 2 e 3A e temperatura de brilho, para as bandas 4 e 5. Em seguida inicia-se o processo de georreferenciamento preciso, baseado na metodologia da navegação indireta que considera como maior fonte de deslocamentos os erros de atitude do satélite no momento da sua passagem (ROSBOROUGH et al., 1994). Para determinar tais erros, o método busca pontos de controle automaticamente por meio da técnica da Máxima Correlação Cruzada (MCC), que compara a imagem alvo a uma imagem base cartograficamente precisa e sem nuvens (EMERY et al., 2003). Como resultado deste processamento obtêm-se cinco arquivos referentes as bandas espectrais calibradas e geometricamente precisas. Também são gerados mais dois arquivos com o ângulo de elevação do satélite e o ângulo zenital solar para cada pixel da imagem. A segunda parte do sistema implementada em linguagem IDL (*Interactive Data Language*) do software ENVI (*The Environment for Visualizing Images*) é responsável pela leitura dos sete arquivos e pela geração dos produtos espectrais: Banda 2 - Infravermelho Próximo; Composições Coloridas

RGB; Máscara de Nuvens (CHEN et al., 2002); NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (ROUSE et al., 1973); Temperatura de Superfície (QUADRARI et al., 2002); Albedo de Superfície (SONG e GAO, 1999). A rotina para cálculo dos produtos apresenta a opção para mascarar os pixels considerados inaptos para análise espectral, devido à baixa luminosidade solar e distorção do tamanho do pixel por estar muito fora do nadir. Além dos arquivos com informação espectral, também são geradas figuras no formato PNG (*Portable Network Graphics*) sobrepostas com informações cartográficas.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A série temporal de imagens diurnas do CEPAGRI vem sendo processada automaticamente pelo NAVPRO desde o ano de 2005 até o momento, disponibilizando em tempo real os produtos espectrais gerados no Agritempo, cobrindo todos os estados brasileiros, com exceção da região Norte. O procedimento implementado utiliza-se de até quatro imagens base, uma por estação do ano, selecionadas considerando a pouca cobertura de nuvens e a proximidade ao nadir para cada região de recorte. Isso é uma estratégia para evitar o efeito sazonal das mudanças térmicas, como forma de garantir a precisão geométrica dentro de um pixel. Nesse período foram processadas 5.332 imagens diurnas pelo NAVPRO, sendo 2.885 do NOAA-17 e 2.447 do NOAA-18. A geração dos produtos depende de cada recorte e o processamento falha quando a região da imagem está em grande parte coberta por nuvens, afetando o processo de busca por feições semelhantes por meio da MCC. A **Figura 2** mostra as figuras PNG produzidas pelo NAVPRO, referente as imagens do dia 01/05/2009 do NOAA-17 (passagem matutina) e do NOAA-18 (passagem vespertina), onde pode-se observar toda a área de cobertura das cenas e a presença de nuvens.

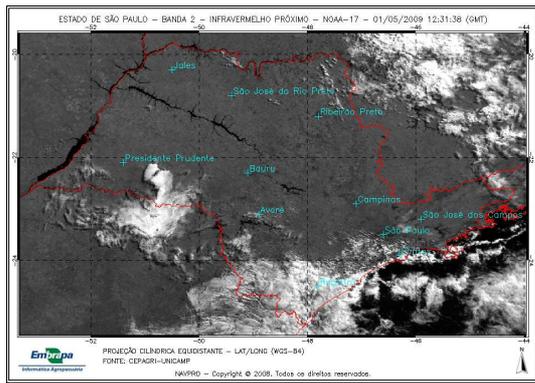


Composição colorida RGB-321 - Cena NOAA-17.

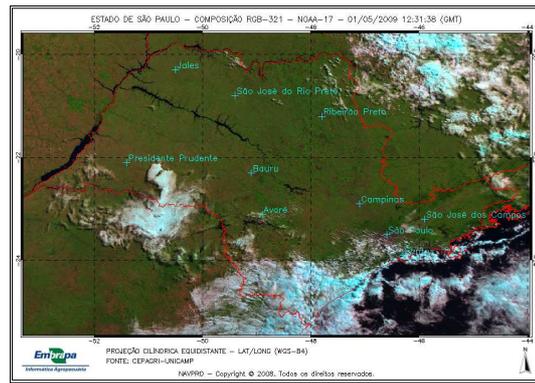
Composição colorida RGB-121 - Cena NOAA-18.

**Figura 2:** Área de cobertura das cenas do NOAA-17 e do NOAA-18 do dia 01/05/2009.

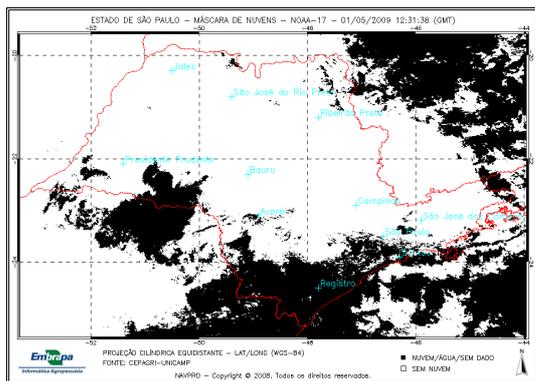
A Figura 3 apresenta os produtos gerados pelo NAVPRO para o recorte do Estado de São Paulo referente a imagem do NOAA-17 do dia 01/05/2009 e, a seguir, uma descrição sucinta das possibilidades de aplicação de cada produto espectral.



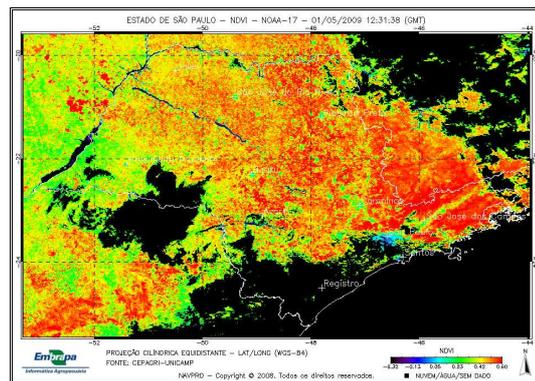
(a) Banda 2 - Infravermelho próximo.



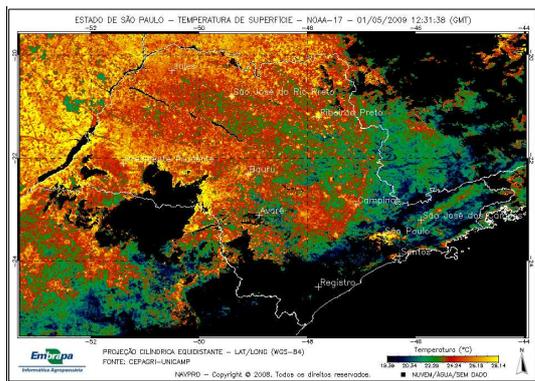
(b) Composição colorida RGB-321.



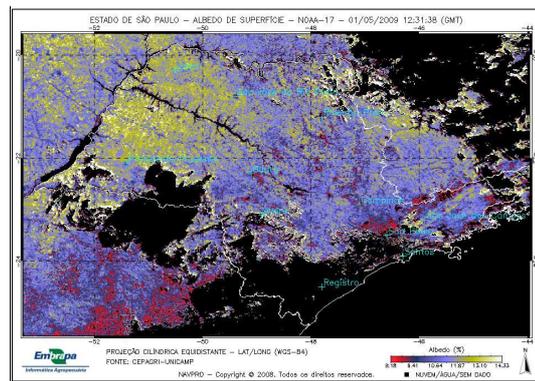
(c) Máscara de nuvens



(d) NDVI.



(e) Temperatura de superfície.



(f) Albedo de superfície.

**Figura 3:** Produtos gerados pelo NAVPRO da imagem do NOAA-17 de 01/05/2009 para o Estado de São Paulo.

Figura 3a - Banda 2 - Infravermelho Próximo: os valores físicos do fator de refletância permitem o monitoramento da vegetação, cobertura de nuvens, lagos e litorais. Figura 3b - Composições Coloridas RGB: as composições coloridas possibilitam diferenciar alvos de interesse que assumem diferentes tonalidades de cor conforme o seu brilho, bem como observar visualmente a presença de nuvens. Figura 3c - Máscara de Nuvens: as imagens AVHRR-NOAA dificilmente são livres de nuvens devido ao tamanho do pixel e à área de varredura do sensor. Em estudos de monitoramento terrestre, recomenda-se mascarar os pixels contaminados com nuvens para evitar a contaminação da análise espectral, como forma de obter produtos confiáveis. Figura 3d - NDVI: o índice NDVI tem sido empregado em estudos para caracterizar parâmetros biofísicos, a presença e a condição da vegetação pois tem associação direta com o índice de área foliar e a quantidade de biomassa. A partir de composições de NDVI em conjunto com dados de precipitação é possível fazer o monitoramento meteorológico-espectral de culturas agrícolas por meio de perfis temporais.

Figura 3e - Temperatura de Superfície: o conhecimento da temperatura de superfície é extremamente útil na detecção do estresse hídrico de culturas, monitoramento de secas, detecção de queimadas e desmatamentos. Figura 3f - Albedo de Superfície: o albedo de uma superfície é uma informação importante para estimativa de balanços de energia e na modelagem da radiação solar, cujas variações traduzem as propriedades óticas da superfície, tendo grande aplicabilidade em estudos de mudanças climáticas e desertificação.

**CONCLUSÕES:** Este artigo abordou a aplicação do sistema NAVPRO para processamento e geração automática de produtos de imagens AVHRR-NOAA. O NAVPRO vem agilizando trabalhos que fazem uso de grandes séries temporais, por aliar precisão e automação no georreferenciamento das imagens, que é a etapa fundamental de todo o processo para garantir que cada pixel corresponda à mesma localização geográfica em qualquer uma das imagens da série temporal. Os produtos espectrais gerados pelo NAVPRO representam uma fonte de dados importante em estudos envolvendo o monitoramento temporal terrestre, essencialmente em áreas de pesquisas relacionadas à agrometeorologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA; CEPAGRI/UNICAMP. **Agritempo**. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 8 jul. 2009.

CHEN, P. Y.; SRINIVASAN, R.; FEDOSEJEVS, G.; NARASIMHAN, B. An automated cloud detection method for daily NOAA-14 AVHRR data for Texas, USA. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 15, p. 2939-2950, 2002.

EMERY, W. J.; BALDWIN, D.; MATTHEWS, D. Maximum Cross Correlation Automatic Satellite Image Navigation and Attitude Corrections for Open Ocean Image Navigation, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 1, p. 33-42, 2003.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. J.; ZULLO JR, J. An automatic system for AVHRR land surface product generation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 18, p. 3925-3942, 2006.

QUAIDRARI, H.; GOWARD, S.; CZAJKOWSKI, K.; SOBRINO, J.; VERMOTE, E. Land surface temperature estimation from AVHRR thermal infrared measurements - An assessment for the AVHRR Land Pathfinder II data set. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 1, p. 114-128, 2002.

ROSBOROUGH, G. W.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. J. Precise AVHRR image navigation. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, n. 3, p. 644-657, 1994.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

SONG, J.; GAO, W. An improved method to derive surface albedo from narrowband AVHRR satellite data: narrowband to broadband conversion. **Journal of Applied Meteorology**, v. 38, n. 2, p. 239-249, 1999.