

Metodologia para mapear áreas de arroz irrigado utilizando o Modelo HAND em áreas agrícolas de São Borja e Pelotas/RS.

Vagner Paz Mengue¹
Denise Cybis Fontana^{1,2}

¹ Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
CEPSRM/UFRGS
Caixa Postal 15.074 – 91.501-970 – Porto Alegre - RS, Brasil
vagnergeo@yahoo.com.br

² Depto. De Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/ Faculdade de Agronomia -
UFRGS
Caixa Postal 776 – 91.540-000 – Porto Alegre - RS, Brasil
dfontana@ufrgs.br

Abstract. One of the most relevant activities to the Brazilian economy is agriculture. Among the products of greatest importance in national agricultural scenario, the rice share is about 14% of total grain production. Only the State of Rio Grande do Sul is responsible for approximately 61% of the national rice production, so reliable information on production are relevant to the development of the rice sector. In this context, this study aimed to develop a methodology to map and estimate irrigated rice areas in two agricultural areas in the state of Rio Grande do Sul using remote sensing techniques. The study was conducted in two areas producing rice for the 2011/2012 season. We used a reference map, generated from RapidEye satellite imagery and map areas, images from MODIS. The HAND model was used to generate the inundation areas, which were used to filter the classification. The results obtained by the proposed mapping were satisfactory, because it managed to separate the rice from other crops. The HAND model to determine the inundation areas was very consistent, low cost and rapid implementation. The area classified MODIS was 30.763,01 ha, and the area of the reference map was 30.652,35 ha, so there was a slight overestimation of 110,66 ha.

Palavras-chave: remote sensing, MODIS/NDVI images, crop forecast, SRTM, sensoriamento remoto, imagens MODIS/NDVI, previsão de safras, SRTM.

1. Introdução

O agronegócio possui relevante importância para a economia brasileira. A participação deste setor nas exportações do País gerou uma receita cambial em torno de US\$ 71,80 bilhões em 2010, que representou aproximadamente 36,28% do total das vendas brasileiras ao exterior MAPA (2010). O Estado do Rio Grande é o maior produtor nacional de arroz, tendo produzido 6,8 milhões de toneladas ano-safra 2009/2010, que representou 61% da produção nacional IBGE (2010).

O conhecimento das áreas agrícolas e de suas dinâmicas é fundamental para o seu monitoramento e constituem a base para qualquer proposta que pretenda aplicar o sensoriamento remoto num sistema objetivo de acompanhamento e de previsão das safras agrícolas. O desenvolvimento e teste de metodologias, utilizando imagens de moderada resolução espacial, baixo custo e uma alta resolução temporal para o mapeamento e monitoramento da atividade agrícola no Rio Grande do Sul, baseada na análise do comportamento espectro-temporal de índices de vegetação, pode contribuir com o setor, produzindo resultados com maior rapidez, precisão e, ainda com menor custo operacional do que as técnicas convencionais atualmente empregadas.

As imagens do sensor MODIS vêm sendo utilizadas com maior frequência em diferentes aplicações na agricultura. No Estado do Rio Grande do Sul podemos destacar os trabalhos de D'arco (2007), Wagner et al (2007) e Klering (2012) que utilizaram imagens do sensor MODIS para detecção de áreas agrícolas de arroz. Existem dois tipos de sistemas de cultivo de arroz, o de sequeiro e o irrigado, sendo que no Rio Grande do Sul o arroz é cultivado na sua totalidade no regime irrigado, onde o mesmo permanece com uma lâmina de água durante quase todo o seu ciclo de desenvolvimento.

O modelo HAND - *Height Above the Nearest Drainage* (Nobre et al., 2010 e Rennó et al., 2008) foi desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e tem como principal objetivo relacionar a hidrologia e a geomorfologia através da normalização de dados topográficos, ou seja, a cota topográfica é então considerada em relação à rede de drenagem e esta normalização gera grandes implicações, dentre as quais permite que sejam comparados terrenos separados topograficamente e tem capacidade de prever a água contida no solo Rodrigues et al (2011). Através do modelo HAND é possível delimitar áreas de inunda ou áreas suscetíveis a inundações, que podem ser utilizados para diversos fins, como por exemplo, determinar áreas de aptidão para o plantio de arroz irrigado.

O objetivo deste trabalho foi testar uma metodologia de mapeamento de áreas de cultivo de arroz irrigado utilizando imagens do sensor MODIS e o modelo HAND.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo foi realizada sobre duas cenas do Satélite RapidEye que estão localizadas próximo as cidades de São Borja e Pelotas, no Estado do RS. Figura 1.

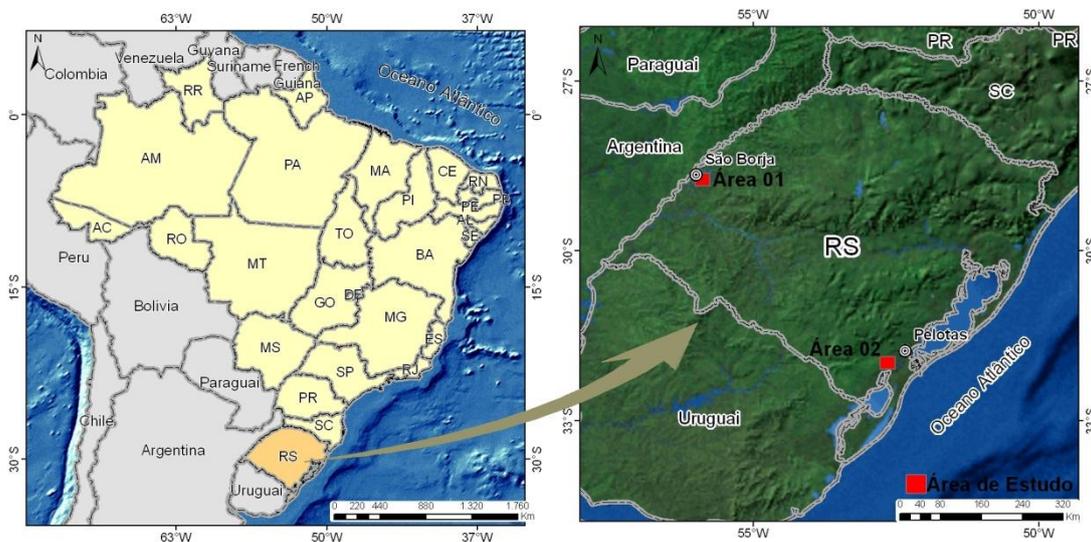


Figura 1. Localização das áreas de estudo.

Foram utilizadas duas cenas do satélite RapidEye para elaborar o mapa de referência das lavouras de arroz. As imagens RapidEye possuem uma resolução espacial de 5 metros e cada cena uma área em torno de 628 km². A data das imagens para a Área 01 e para a Área 02 foi, respectivamente, 10 de Janeiro de 2012 e 14 de Fevereiro de 2012. Para detectar as áreas de arroz foi realizada uma classificação digital empregando-se o algoritmo de classificação não supervisionada Isodata, no software ENVI 4.7. Estabeleceu-se um mínimo de 5 classes e uma máximo de 10 classes, com 5 interações.

A partir da classificação não supervisionada foi realizado um agrupamento de classes espectrais e realizada uma etapa de revisão, onde todas as áreas de arroz passaram por uma análise visual em tela para detectar e editar possíveis erros de classificação. Uma vez identificadas as classes espectrais que constituíam a classe temática arroz, elas foram agrupadas, sendo as demais classes desconsideradas.

Utilizaram-se, também, imagens provenientes do produto MODIS MOD13Q1, coleção 05, que contém composições de imagens de 16 dias de NDVI, com resolução espacial de 250 metros. Estas imagens foram obtidas através do site Reverb, do Sistema de Informações e Dados, do EOS da NASA (<http://reverb.echo.nasa.gov>). Foram utilizadas 18 imagens entre os meses de Setembro de 2011 até Maio de 2012.

Para a geração da máscara de cultivo de arroz irrigado utilizou-se a metodologia de mapeamento proposta por Araujo (2010), este método consiste em elaborar uma máscara de cultivo através de uma classificação supervisionada método Paralelepípedo. As amostras para treinamento do classificador foram coletadas em uma imagem de composição colorida RGB, elaboradas a partir de imagens multitemporais de NDVI do sensor MODIS. Estas composições RGB têm o objetivo apenas de destacar as áreas cultivadas com arroz irrigado. Na elaboração da composição colorida a imagem correspondente ao período de maior crescimento vegetativo foi colocada no canal R, em seguida as imagens com menor vigor vegetativo foram colocadas nos canais G e B. Figura 2.

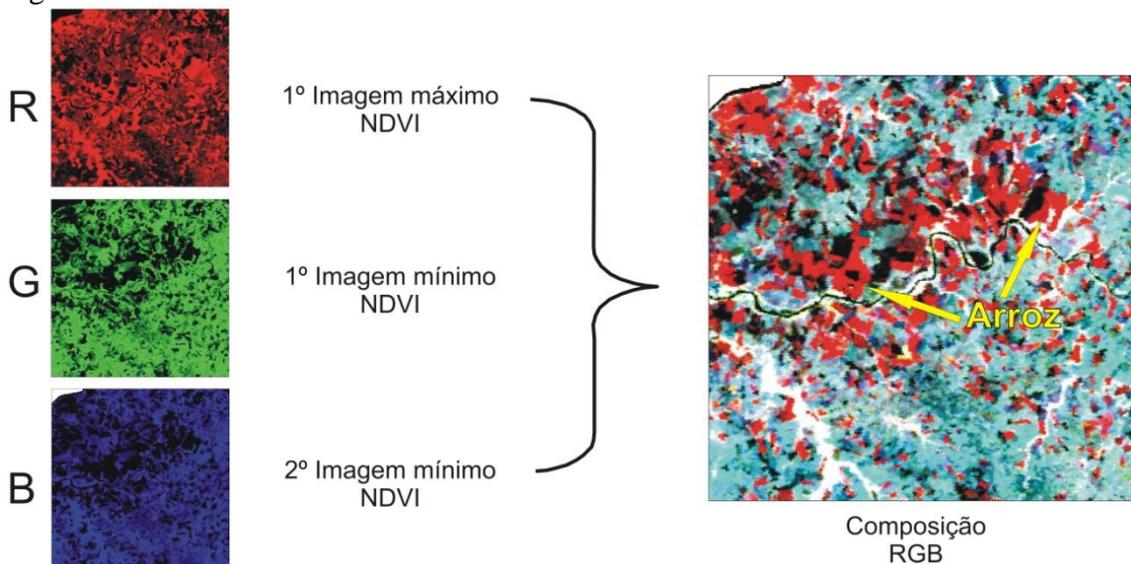


Figura 2. Ilustração da composição multitemporal das imagens em RGB

Segundo o calendário agrícola médio do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, foram geradas três composições coloridas RGB deslocando-se em um e dois períodos as datas das imagens máximos e mínimos NDVI, na tabela 01 são apresentadas as composições. Para obtenção da máscara final da safra 2011/2012 de arroz irrigado, foi feita a sobreposição das três composições RGB, ou seja, houve um somatório cumulativo das três máscaras de cultivo. A imagem final que contém a classe temática com áreas de arroz foi selecionada e convertida em um arquivo vetorial.

Tabela 1. Deslocamento máximo e mínimo NDVI das composições RGB, segundo calendário médio da cultura no RS.

Imagem	R	G	B
Composição 01	2º Imagem de Fev	1º Imagem de Nov	2º Imagem de Out
Composição 02	1º imagem de Fev	2º Imagem de Out	1º Imagem de Out

Composição 03	2° Imagem de Jan	1° Imagem de Out	2° Imagem de Set
---------------	------------------	------------------	------------------

O modelo HAND está inserido dentro do software livre Terra Hidro, desenvolvido pelo INPE. Através desse modelo foi possível gerar as áreas de inunda, que foram utilizadas como um “filtro” para separar as áreas de conflito entre as culturas de verão, soja e arroz. Para gerar o modelo HAND foi necessário utilizar um Modelo Digital de Superfície (DSM). No trabalho foi utilizado o modelo SRTM, estas imagens foram obtidas de forma gratuita através do site da EMBRAPA (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>). Antes de aplicar o algoritmo HAND, conforme Valeriano (2004) é necessário corrigir algumas “falhas” por interpolações nas imagens SRTM, chamada de “*skins*”, estas correções foram geradas no software ArcGIS 9.3.

Conforme Rodrigues et al (2011) no Modelo HAND procedimentos automáticos determinam as direções de fluxo e as áreas acumuladas de drenagem, ou seja, é definido para qual dos *pixels* vizinhos um determinado *pixel* drena (direção de fluxo) e a área de drenagem que contribui para cada *pixel* (área acumulada), dando origem à rede de drenagem. Nobre et al. (2010) e Rennó et al. (2008) explicam que a partir da rede de drenagem extraída do dado topográfico, a diferença entre cada elemento da grade DSM e o ponto mais próximo associado à rede de drenagem extraída dá origem ao modelo de superfície HAND, portanto o nível de referência deixou de ser fixo em relação ao mar e passou a ser relativo à rede de drenagem mais próxima.

Gerada a imagem HAND no software Terra Hidro, esta é exportada em formato geotiff e através do software ENVI 4.7 é feito o fatiamento da imagem para definir a área de inunda, para então converter em formato vetorial. No ArcGIS 9.3 foram realizados os cruzamentos da área de inunda com as classificações de arroz irrigado, obedecendo a seguinte regra: Áreas classificadas como arroz dentro das áreas de inunda serão computadas, áreas classificadas como arroz, mas estão fora da área de inunda serão desconsideradas.

3. Resultados e Discussão

Com a elaboração da máscara da área de inunda gerada através do modelo HAND, foi possível a identificação das áreas de arroz irrigado, permitindo a correta separação dessas áreas de outras culturas, como por exemplo, a soja. Na figura 3 é possível analisar a distribuição das áreas de arroz irrigado mapeadas dentro da área de inunda. Na Área 01, em São Borja, as áreas classificadas com MODIS ocupavam as áreas de várzeas dos rios e também áreas mais altas, com o recorte utilizando a máscara de inunda, foi possível separar adequadamente as áreas de várzeas, que são mais aptas para o plantio de arroz irrigado.

No Estado as áreas de várzea são as mais utilizadas no plantio da cultura do arroz irrigado, os solos de várzea são encontrados nas planícies próximas aos rios e lagoas. Conforme Flores e Alba (2009) quanto mais suave o relevo, menor a movimentação de solo, melhor o manejo da água e controle de ervas daninhas, com consequente aumento de produtividade. D'arco (2007) publicou uma tese onde delimitou as áreas potencialmente utilizáveis para o cultivo de arroz irrigado no Estado do RS, método que consistiu em separar os solos com potenciais para o cultivo de arroz e também as áreas com declividades menores que 3%, geradas a partir do modelo digital de superfície SRTM. Obteve grande êxito no seu trabalho, pois conseguiu separar com esses parâmetros, solos e declividade, as áreas de conflitos entre soja e arroz, ambas culturas de verão no Estado do RS.

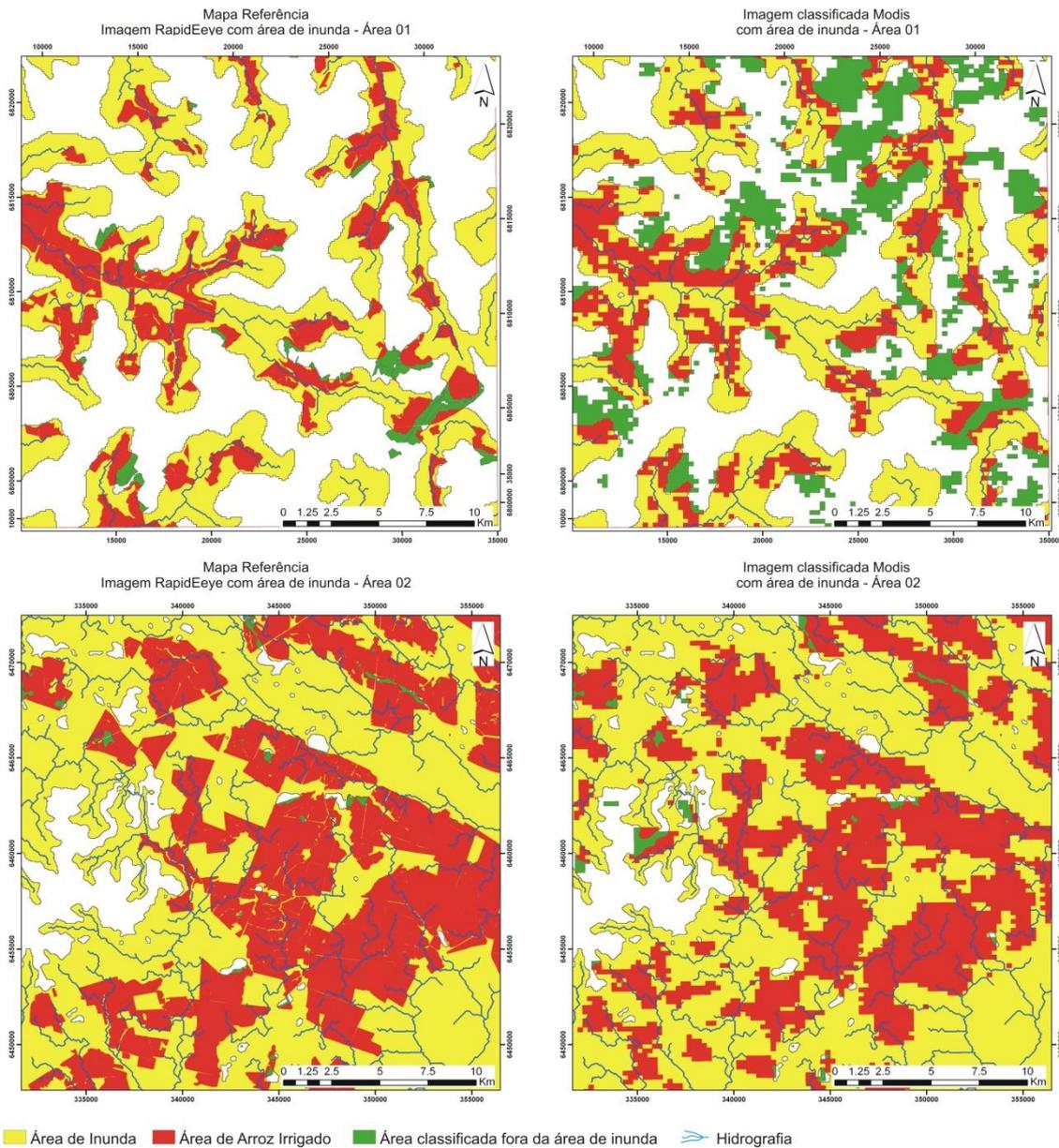


Figura 3. Mapas com a distribuição espacial das áreas classificadas com o modelo de inunda HAND.

Na Área 01 a área de inunda ocupa uma área de aproximadamente 29.528 ha, ou seja, corresponde a 47 % da área total. Em comparação com a Área 02, a área de inunda ocupa 57.222 ha, que corresponde a 91,07% da área total ocupada pela cena RapidEye. Essa diferença deve-se ao fato da Área 02 estar localizada na Planície Costeira Gaúcha, caracterizada por ser uma região muito plana e com grande número de lagos e lagoas. Já a Área 01 está localizada na Campanha Gaúcha, região com relevo suavemente ondulado.

Na tabela 2 é possível visualizar os valores encontrados em cada área de estudo, na Área 01 foram encontradas as maiores diferenças da área mapeada com imagem MODIS. Quando foi aplicada a máscara de inunda sobre a classificação de arroz irrigado, a área encontrada foi de 9.814,47 ha, muito diferente do valor inicial encontrado que foi de 18.109,26 ha. Portanto o “filtro” da máscara de inunda aplicado sobre a classificação inicial gerou um resultado muito satisfatório, quando comparado com o mapa de referência. Essa grande diferença na classificação MODIS na Área 01,

deve-se ao conflito entre as culturas de verão, soja e arroz. A classificação inicial MODIS, classificou áreas de soja e arroz, mas com a aplicação da máscara, grande parte desse conflito foi resolvido. Cabe resaltar que houve uma diminuição da área do mapa de referência. Quando foi aplicado o “filtro” da máscara de inunda, foi constatado que esse decréscimo de área foi causado porque produtores de arroz constroem açudes para irrigação em áreas mais altas, como os divisores de água, portanto o modelo HAND não detecta essas áreas como sendo de inunda.

Tabela 2. Cálculo das áreas mapeadas sem a máscara de inunda e com a inunda.

	Área 01		Área 02	
	Mapa Referência	MODIS	Mapa Referência	MODIS
Sem máscara de inunda	9.673,74	18.109,26	22.524,20	21.601,47
Com máscara de inunda	8.557,00	9.814,47	22.122,39	20.948,54

Na Área 02 a diferença entre a área classificada como arroz irrigado pelo MODIS e o mapa referência foi pequena. Na classificação MODIS foi encontrada uma área de 21.601,47 ha, após aplicar o “filtro” da máscara de inunda o valor foi alterado para 20.948,54 ha. Essa pequena diferença quando comparada com a Área 01, deve-se porque existem poucas áreas de cultivo de soja, diminuindo os conflitos entre as culturas de soja e arroz.

Quando somamos as duas áreas classificadas com MODIS depois de aplicado o “filtro” da máscara de inunda e comparamos com os resultados obtidos pelo mapa de referência, podemos concluir que o resultado final foi muito satisfatório. A área classificada com MODIS foi de 30.763,01 ha, e a área do mapa de referência foi de 30.652,35 ha, portanto houve uma pequena superestimação de 110,66 ha. Resultado bem diferente da classificação inicial sem o “filtro” da máscara de inunda, onde foi encontrado um valor de 39.710,73 ha, e uma área superestimada de 7.512,79 ha.

4. Conclusões

A metodologia proposta para mapear as áreas de plantio de arroz irrigado mostrou-se eficiente, porque conseguiu separar o arroz irrigado de outros cultivos. O modelo HAND para determinar as cotas de inunda mostrou-se muito consistente, de baixo custo e de rápida execução. Porém, cabe resaltar que dados de entrada para a geração do modelo HAND, como os Modelos Digitais de Superfície (DSM) tem que possuir uma escala adequada para o objetivo do trabalho, pois a resolução incorreta do DSM pode mascarar importantes atributos da paisagem e ocasionar erros na topografia da área em estudo. Esta metodologia ainda necessita de investigações de campo para melhorar sua validação e torná-la aplicável numa escala regional.

Referências Bibliográficas

Araujo, G. K. D. **Determinação e mapeamento de início do ciclo para culturas de verão no Estado do Paraná por meio de imagens de satélite e dados de precipitação**. 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

D'arco, E. **O uso de geotecnologias para estimativa da área plantada de arroz irrigado no Estado do rio grande do sul**. 2007. 206 p. (INPE-15326-TDI/1369). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007

Flores, C.A.; Alba, J.M.F. **Aptidão dos solos para o cultivo do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/aptidao/index.htm>. Acesso em: 01 nov. 2012.

Klering, E. V. Mapeamento da área cultivada e estimativa do rendimento de grãos de arroz irrigado a partir de modelos agrometeorológicos-espectrais para o Rio Grande do Sul. 2012. 157 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agronegócio Brasileiro: Balança comercial. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/internacional/indicadores-e-estatisticas/balanca-comercial>> Acesso em: 10 set.2012.

Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Hodnett, M.; Rennó, C. D.; Rodrigues, G. O.; Silveira, A. C.; Waterloo, M. J.; Saleska, S. R. Height Above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**. V.404 p. 13-29, 2010.

Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**. V. 112, 3469- 3481, 2008.

Rodrigues, G. O.; Nobre, A. D.; Silveira, A. C.; Cuartas, L. A. Efeitos da resolução espacial de dados SRTM na descrição de terrenos obtida pelo modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) – estudo de caso em Manaus/AM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2012, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 5776-5776. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte/2011/07.29.18.07?languagebutton=pt-BR&searchsite=bibdigital.sid.inpe.br:80>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

Valeriano, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. 2004. 72p. (INPE/10550/RPQ/756). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

Wagner, A.P.L.; Weber, E.; Fontana, D. C.; Ducati, J. R.; Klering, E. **Estimativa de área de soja no Rio Grande do Sul utilizando imagens NDVI/MODIS**. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. V.1. 7105p. p.457.