

# IMPORTÂNCIA DA CORREÇÃO ATMOSFÉRICA DE IMAGENS DO SENSOR AVHRR/NOAA EM ESTUDOS QUE VISAM APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO EM MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS

CRISTINA RODRIGUES NASCIMENTO<sup>1</sup>, JURANDIR ZULLO JUNIOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP/FEAGRI. Fone: (019) 35211127, cristina@cpa.unicamp.br

<sup>2</sup> Prof. Dr. (FEAGRI/UNICAMP). Diretor do Centro de Pesquisa Meteorológica e Climática aplicada à Agricultura – CEPAGRI/UNICAMP. Fone: (019) 35212460, jurandir@cpa.unicamp.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** Imagens NDVI derivadas do sensor AVHRR/NOAA são usadas para as mais diversas aplicações. Geralmente estas imagens são empregadas em estudos que visam o acompanhamento do desenvolvimento da vegetação. Entretanto a reflectância nos canais do vermelho e do infravermelho próximo são afetados pelos chamados “Efeitos Atmosféricos” ocasionados pelos aerossóis, vapor d’água e ozônio. O presente trabalho apresenta uma metodologia de correção atmosférica desses dois canais, como um caminho para eliminação desses efeitos e a obtenção do NDVI com um melhor embasamento físico, baseado no detalhamento atmosférico fornecido pelo sensor MODIS e na aplicação do modelo de transferência radiativa 5S. O intuito é gerar produtos que representem melhor este índice para aplicação em modelos agrometeorológicos.

**PALAVRAS-CHAVES:** correção atmosférica, modelo 5S, NDVI.

**ABSTRACT:** NDVI images derived from AVHRR/NOAA data have been used by several applications. Generally these images are employed to analyze the status of vegetation. However reflectances in the red and near infrared channels are affected by the called "atmospheric effects" caused by aerosols, water vapor and ozone. This paper intends to consider a methodology for atmospheric correction of these two channels, as a way to eliminate these effects to obtain the NDVI with a better physical basement, starting from the use of detailed atmospheric data generated by the MODIS and of the radiative transfer model 5S. The intention is generate product that provides a better use of this index in agrometeorological models.

**WORDS-KEY:** atmospheric correction, 5S model, NDVI.

**INTRODUÇÃO:** Por estar em operação desde 1979 e apresentar uma alta resolução temporal, o AVHRR, a bordo dos satélites NOAA, possui um conjunto notável de dados globais, que vem sendo utilizados para estudos relacionados com o monitoramento da evolução da biomassa durante o ciclo de desenvolvimento de culturas agrícolas, bem como, para a estimativa de elementos agrometeorológicos. Produto deste satélite, o NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada) obtido pela combinação das radiações refletidas na banda do visível (VIS) e do infravermelho próximo (IV), possibilita acompanhar e monitorar esse desenvolvimento. Porém, uma das principais limitações na utilização deste índice é a sensibilidade aos efeitos atmosféricos, representados principalmente pelos fenômenos de

espalhamento e absorção, ocasionados por aerossóis e gases atmosféricos. Afim de remover estes efeitos, modelos de transferência radiativa, como o 5S (*Simulation du Signal Satellitaire dans le Spectre Solarie*) são utilizados de modo a permitir uma correção atmosférica partindo-se do princípio de interação da radiação com a atmosfera e a superfície (LATORRE,1999). Com o lançamento do satélite TERRA da NASA, em dezembro de 1999, dados sobre condições atmosféricas passaram a ser fornecidos regularmente a cada dois dias, através do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*).O objetivo deste trabalho é aproveitar o grande potencial do sensor MODIS, quanto à geração dos produtos atmosféricos e com isso possibilitar a geração de imagens corrigidas (Reflectância da Superfície), através das quais, sejam analisadas com um melhor embasamento físico as características da vegetação através do NDVI. Isto possibilitará futuramente uma melhor utilização deste produto em modelos agrometeorológicos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo, está localizada no Estado de São Paulo apresentando as seguintes coordenadas: 20°7'59,80'' a 23°35'37,81'' de latitude Sul e 46°20'49,18'' a 49°32'13,52'' de longitude Oeste (Figura 1), encontrando-se inserida na principal região produtora de cana-de-açúcar do Estado.

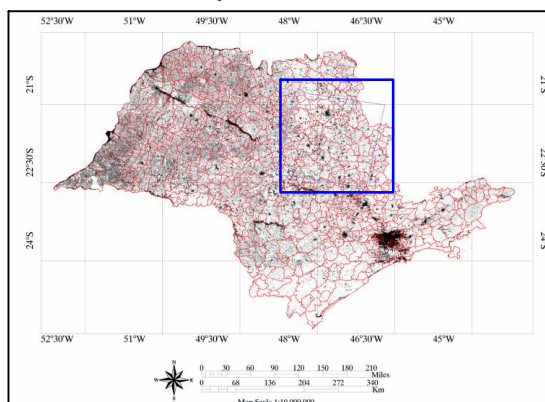


Figura 1. Localização Espacial da área de estudo. A região do retângulo representa a área utilizada no processo de correção atmosférica. O retângulo menor indica a localização da principal área produtora de cana-de-açúcar no Estado.

A imagem do NOAA-17/AVHRR que será corrigida (Figura 2), foi obtida do Banco de Imagens do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI), para o dia 20/08/2004. A seleção destas imagens está diretamente relacionada à passagem do satélite TERRA, sobre o local acima especificado. Já as imagens contendo os parâmetros atmosféricos tais como espessura óptica dos aerossóis a 550nm, vapor d'água e ozônio do sensor MODIS foram obtidas através da NASA *Goddard DAAD (Distributed Active Archive Center)*, para a mesma data (Figura 3). Com as imagens a serem corrigidas e os parâmetros atmosféricos necessários para a correção, foi utilizado o aplicativo SCORADIS (**Sistema de Correção Radiométrica de Imagens de Satélite**), desenvolvido por (ZULLO Jr.,1994), que está baseado na teoria do modelo de transferência radiativa, do tipo físico, 5S (TANRÉ et al, 1990). A versão original do aplicativo foi desenvolvida para correção atmosférica das imagens dos satélites LANDSAT e SPOT considerando a atmosfera como horizontalmente homogênea. No caso específico deste trabalho, o aplicativo foi adaptado e, então, chamado de SCORADIS\_Modificado. A adaptação consistiu na possibilidade de processamento de imagens com parâmetros atmosféricos (espessura óptica dos aerossóis, conteúdos de vapor d'água e ozônio) e geométricos (ângulos de visada e iluminação) distintos para cada pixel. Foi utilizado também o sistema *Environmet for Visualizing images* (ENVI),

que é um sistema projetado para prover análises multiespectrais de dados de satélite, e permite trabalhar com arquivos de imagens inteiras, bandas individualizadas ou ambas.

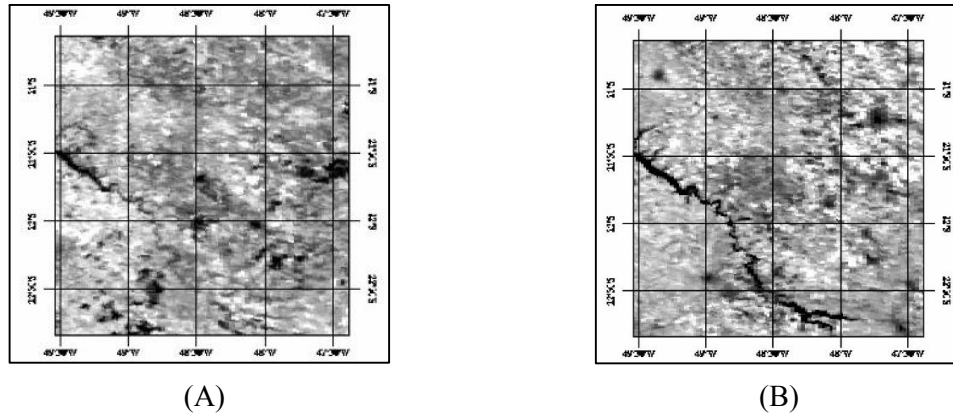


Figura 2. Imagens AVHRR/NOAA-17, respectivamente das regiões espectrais do vermelho (A) e do Infravermelho Próximo (B).

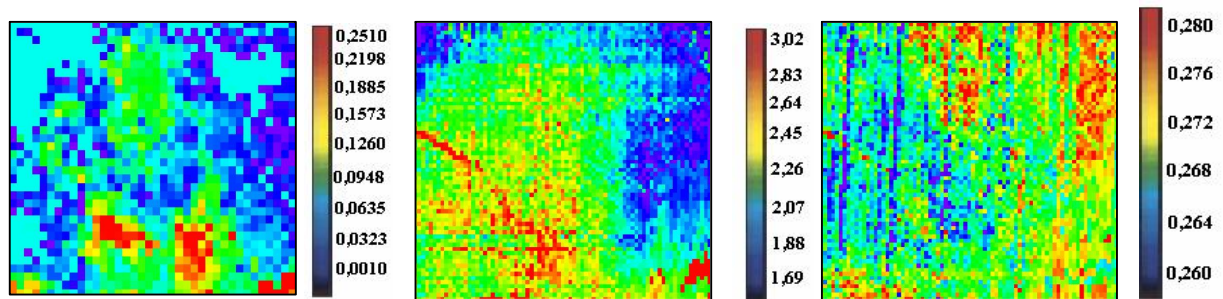


Figura 3. Imagens correspondentes aos planos atmosféricos de aerossol, vapor d'água ( $g/cm^2$ ) e ozônio ( $cm.atn$ ), respectivamente, após a substituição dos dados faltantes, dia 20/08/2004.

O pré-processamento das imagens incluiu: A conversão dos data das imagens MODIS de North América 1927 para UTM/WGS-84 fuso 23 S; Conversão das resoluções espaciais: adotou-se como padrão a resolução espacial de 1,1 km das imagens AVHRR/NOAA (Tabela 1) e Recorte da área de interesse de acordo com as coordenadas da área teste selecionadas apresentando 304 linhas x 347 colunas. No final do processamento as imagens foram convertidas para resolução radiométrica de 8 bits, onde os valores presentes na imagem foram convertidos para números digitais em formato bruto, isto é, "bil". Foi utilizado também o sistema *Environmet for Visualizing images* (ENVI), que é um sistema projetado para prover análises multiespectrais de dados de satélite, e permite trabalhar com arquivos de imagens inteiras, bandas individualizadas ou ambas.

Tabela 1. Características e Processamento das imagens MODIS.

Produtos Modis Atmosfera	Nome do Produto	Parâmetro	Resolução Espacial Inicial (Km)	Resolução Espacial Final (Km)	Fator de Escala
MOD04	Aerossol	Espessura óptica a 550nm	10	1,1	0,001
MOD05	Vapor d'água	Coluna total	1	1,1	0,001
MOD07	Ozonio	Carga total	5	1,1	0,01

As imagens obtidas após este tratamento servirão como dados de entrada para o SCORADIS modificado. Isto equivale, de acordo com a terminologia utilizada pelo sistema, à

transformação do sinal aparente  $L_{sat}$  para o valor de reflectância realmente refletida pela superfície terrestre. Os níveis de cinza, das imagens dos parâmetros atmosféricos foram determinados pela Equação 1.

$$NC = \left[ \left( \frac{255}{V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{m}n}} \right) * w - \left( \frac{255 * V_{m\acute{m}n}}{V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{m}n}} \right) \right] \text{ onde:}$$

(1)

$V_{m\acute{a}x}$  e  $V_{m\acute{m}n}$  = Valores de refer\encia para convers\ao da resolu\ao radiom\etrica das imagens MODIS (Tabela 2).

$w$  = Valor de cada pixel.

Tabela 2. Valores M\aximos e M\ınimos dos par\ametros atmosf\ericos nas imagens MODIS.

Par\ametro	Valor M\aximo	Valor M\ınimo
MOD04	0,7	0,1
MOD05	5,0	0,5
MOD07	0,35	0,25

Baseado nesta metodologia o modelo permite calcular a partir dos valores digitais originais NC ( $L_{sat}$ ) os valores digitais corrigidos NC ( $L$ ) e NC ( $\rho$ ) conhecendo-se os valores dos par\ametros atmosf\ericos de cada ponto da imagem.

**RESULTADOS E DISCUSS\AO:** Foram feitas compara\c\es entre a cena corrigida, canais 1 e 2, em reflect\ancia da superf\icie ( $\rho$ ) e a cena n\ao corrigida para os efeitos atmosf\ericos, representada pelas imagens em reflect\ancia aparente ( $\rho_{sat}$ ), atrav\es dos seus valores extremos (m\aximos e m\ınimos), m\edia, desvio padr\ao e coeficiente de varia\c\ao (Tabela 3).

Tabela 3. Par\ametros estat\isticos: M\edia, Desvio Padr\ao (DP) e Coeficiente de varia\c\ao (C.V).

Canal	Par\ametro	$\rho_{sat}$	$\rho_{Superf\icie}$
1	M\edia	0,049761	0,025390
	D.P.	0,008094	0,010631
	C.V.	16,26	41,87
2	M\edia	0,137639	0,166589
	D.P.	0,019730	0,025253
	C.V.	14,33	15,15

\c\ \e poss\ivel observar que a presen\ca real da atmosfera em imagens de sat\elite altera os valores poss\iveis que seriam registrados pelo sensor. Esta altera\c\ao est\ diretamente relacionado com a atua\c\ao dos efeitos de espalhamento e absor\c\c\ao, ocasionados por sua vez pelos aeross\ois, vapor d'\cgua e oz\onio bem como a influ\encia ou atua\c\ao desses elementos em cada canal. Para o canal 1, que representa a regi\ao espectral do vermelho, a corre\c\ao realizada resultou em valores de reflect\ancia menores em rela\c\ao \c reflect\ancia aparente. Esta varia\c\ao \c cl\assica em processos de corre\c\ao deste canal e \c fun\c\c\ao da contribui\c\c\ao aditiva do efeito de espalhamento. O contr\ario ocorreu em rela\c\ao \c absor\c\c\ao que afeta o canal 2, correspondente a regi\ao espectral do infravermelho pr\oximo, ou seja, neste caso a atmosfera, faz com que o efeito seja subtrativo. As imagens corrigidas apresentaram, tamb\em um aumento no desvio padr\ao, e no coeficiente de varia\c\c\ao, representando um aumento no contraste e consequentemente uma melhoria da sua qualidade. Quando foi gerado o NDVI, foi poss\ivel observar que a presen\ca da atmosfera faz com que os valores de NDVI obtidos de imagens sem corre\c\c\ao sejam subestimados em rela\c\ao ao NDVI obtido de imagens que passaram pelo

processo de correção. Esta característica fica nítida através da diferença visual entre as imagens NDVI obtidas da reflectância aparente e da reflectância real (Figura 4), bem como pela diferença percentual entre elas (Tabela 3), que neste caso foi de 58,43%.

Tabela 3. Análise dos valores do NDVI entre as imagens corrigidas e sem correção.

NDVI	Média	Desvio padrão	Diferença Real x aparente
<b>Aparente</b>	0,463470	0,106988	58,43%
<b>Real</b>	0,734301	0,127580	

O espalhamento, ocasionados pelos aerossóis e nuvens, atua para aumentar o valor da radiação registrada pela banda do visível (Tabela 1), em relação à banda do infravermelho próximo o que conseqüentemente ocasionou a redução do índice de vegetação, quando este foi obtido através de imagens sem correção. O desvio padrão das imagens de NDVI corrigidas foi sempre maior quando comparadas com as imagens sem correção, ou seja, houve um aumento do contraste entre o NDVI obtido a partir de imagens corrigidas, sendo este aumento maior nos resultados após o mascaramento das nuvens.

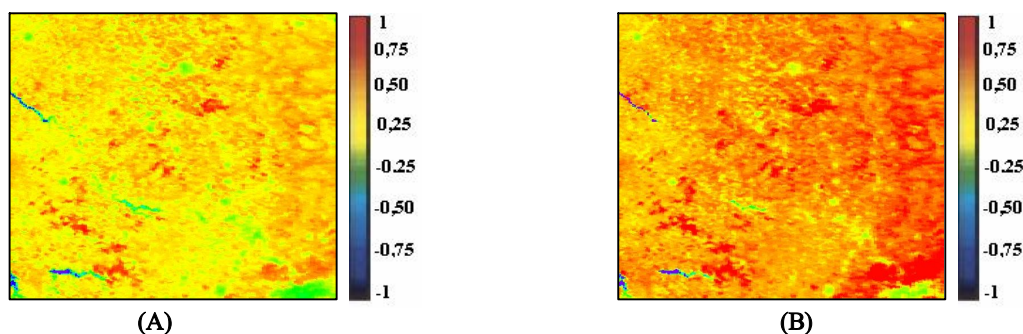


Figura 4. Imagens NDVI em Reflectância Aparente (A) e Reflectância Real (B).

**CONCLUSÃO:** As análises realizadas com os dados do MODIS indicaram que as correções atmosféricas apresentaram resultados coerentes com o esperado após a eliminação dos efeitos de espalhamento e absorção atmosférica nos canais 1 e 2 do NOAA-17, nas datas consideradas. Os resultados obtidos através da comparação entre o NDVI obtido de imagens sem correções apresentaram uma variação percentual de 58,43%, demonstrando a importância da correção, principalmente para estudos que visem o acompanhamento do desenvolvimento da vegetação.

#### REFERÊNCIAS:

- Latorre, Marcelo Lopes. Utilização de um método de correção atmosférica para o processamento de dados hiperespectrais do sensor AVIRIS em regiões tropicais. 195p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos, 1998.
- Zullo Junior, Jurandir. Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações. 189p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.