

ANÁLISE DO POTENCIAL DE DADOS MODIS PARA MONITORAR O IMPACTO DE GEADA EM NÍVEL ESTADUAL E EM LAVOURAS DE CAFÉ¹

Débora Rosa Rafaelli²
Mauricio Alves Moreira³
Rogério Teixeira de Faria⁴

RESUMO: A ocorrência de geadas provoca sérios prejuízos de médio e curto prazo para o setor cafeeiro. O prejuízo em médio prazo dá-se pela erradicação de lavouras produtivas. Em curto prazo, o maior prejuízo ocorre na comercialização, quando os especuladores procuram tirar benefícios próprios aumentando ou diminuindo o efeito da geada conforme lhes convém. Dessa forma, a quantificação rápida e precisa do impacto negativo da geada contribui para a redução da prática da especulação. A avaliação do impacto da geada sobre o parque cafeeiro, por meio das técnicas de sensoriamento remoto e de Sistemas de Informações Geográficas, pode ser uma alternativa. Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial dos dados MODIS para detectar a abrangência da área atingida em função da resposta espectral do café antes e logo após a geada. Verificou-se que o índice de vegetação NDVI, obtido das imagens MODIS, é eficiente para detectar a abrangência da área de geada tanto em nível estadual quanto local. As imagens do Landsat, quando disponíveis, são úteis no detalhamento da dimensão do efeito da geada. Contudo, essas imagens podem apresentar elevada cobertura de nuvens, o que dificulta seu uso. Já as imagens MODIS são obtidas diariamente, o que propicia a obtenção de imagens livres de nuvens para avaliação da dimensão do efeito da geada sobre as lavouras de café.

Palavras-chave: TERRA/MODIS, sensoriamento remoto, índice de vegetação.

ANALYSIS OF THE MODIS DATA POTENTIAL TO MONITOR (STATE AND LOCAL LEVEL) FROST IMPACT ON COFFEE

ABSTRACT: Frosts causes serious medium and short-term losses. Whereas the former are due to the eradication of hundreds or thousands of productive coffee crop fields, the latter mainly occur during commercialization, when speculators seek to obtain benefits for themselves by increasing or decreasing the magnitude of the frost effect. Therefore, a fast and precise quantification of the negative frost impact will contribute to reducing speculations. Remotesensing and GIS techniques seem to be an alternative to evaluate frost impact on coffee crops. The present work has the objective to evaluate MODIS data potential to detect the amount of area affected, based on the spectral response of the coffee before and after frosts. The Introduction Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), obtained from the MODIS images, was verified to be efficient to detect the scope of the frost area at local and state levels. Landsat images, when available, are useful to detail the dimension of frost effect, but they may present high cloud cover, which makes their use difficult. MODIS images are acquired daily, which facilitates the acquisition of cloud-free images to evaluate the dimension of the frost effect on coffee crop fields.

Key-words: TERRA/MODIS, remote sensing, vegetation index.

JEL Classification: Q1, Q10.

¹Registrado no CCTC, ASP-16/2005.

²Engenheira Agrícola, Doutora, Bolsista pelo CNPq no INPE (e-mail: drrafaelli@yahoo.com.br; debora@itid.inpe.br).

³Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Titular no INPE (e-mail: mauricio@itid.inpe.br).

⁴Engenheiro Agrônomo, Pesquisador do IAPAR (e-mail: rtfaria@iapar.br).

1 - INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade econômica que possui grande dependência das condições climáticas, podendo sofrer conseqüências desses fenômenos em todas as etapas produtivas. Situações meteorológicas adversas, como as geadas, causam grandes impactos sociais e econômicos, o que provoca muita instabilidade e gera especulações nos mercados (SENTELHAS e PEREIRA, 2000).

Uma das culturas de grande relevância para o País, que sofre com a ocorrência de geada, é o café. Apesar de o parque cafeeiro ter tido problemas nos últimos anos, em função de fortes geadas e queda dos preços, o que desestimulou os cafeicultores, o Brasil ainda é o maior exportador de café do mundo. A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2005) disponibilizou dados relativos à previsão de produção da safra 2005/06 para a cultura do café: a estimativa foi de 32,4 milhões de sacas de 60kg. Desse total, no Paraná, Estado mais sujeito à ocorrência de geada, a produção foi de aproximadamente 1,4 milhão de sacas.

O impacto causado pelas geadas é avaliado por diferentes metodologias. No entanto, a maioria baseia-se em métodos convencionais, que consistem em intensivo trabalho de levantamento no campo. Esse procedimento, além de caro e subjetivo, é muito demorado e quase sempre leva à especulação do mercado cafeeiro, por falta de uma real dimensão do impacto da geada na região, associado ao tempo para obter as informações.

Para solucionar o problema da morosidade na coleta dos dados e diminuir a subjetividade das informações, uma alternativa viável é o emprego de dados coletados de sensores orbitais. Macedo e Rudorff (2003) mostraram a importância da multitemporalidade das imagens TM Landsat no monitoramento de áreas de milho para fins de seguro agrícola. Para mapeamento de culturas semi-perenes, como a cana-de-açúcar, um outro exemplo que mostra a importância dessas imagens foi o trabalho de Rudorff et al. (2005) no monitoramento e mapeamento da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

No entanto, a resolução temporal dos satélites, como o Landsat, o SPOT, o CBERS, entre outros, aliada à largura de faixa imageada não são adequadas para esse tipo de análise em tempo hábil. A partir de 1999 foi lançado o satélite TERRA, com resolução temporal de dois dias e, no caso do Brasil, imagens diárias. Viu-se aí a possibilidade de usar os dados do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), para avaliar o efeito de situações meteorológicas adversas, como a geada. Esse satélite faz parte de um projeto ambicioso, denominado Sistema de Observação da Terra (EOS). O projeto é gerenciado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), cujo objetivo é realizar estudos sobre o planeta Terra (JUSTICE et al., 2002).

O sensor MODIS possui 36 bandas espectrais, sendo 2 com resolução espacial de 250m, 5 com 500m e 29 com 1.000m no nadir, cobrindo uma faixa de 2.330 km de largura. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui em Cuiabá (MT) uma estação de recepção de dados do sensor MODIS, que cobre boa parte da América do Sul.

O uso de imagens do sensor MODIS ou de produtos gerados dessas, para monitorar áreas atingidas pela geada apresenta algumas vantagens em relação aos métodos convencionais. Além do baixo custo para tratar esses dados, que são distribuídos gratuitamente, a repetitividade (resolução temporal) do satélite e a visão sinóptica (tamanho da área imageada contida em uma única cena) são duas características muito importantes para o monitoramento desse tipo de evento.

No entanto, pelas características geométricas dos dados MODIS, ou seja, devido à baixa resolução espacial (250m x 250m) e as características das lavouras de café, é bom estar ciente de que essas imagens devem ser utilizadas apenas no sentido de monitoramento, ou seja, são inadequadas para uma análise quantitativa de áreas de lavouras atingidas pela geada, o que pode ser feito por meio de dados auxiliares, como o emprego de imagens de média resolução espacial como as do sensor TM do Landsat-5 e do CCD do CBERS-2.

Partindo-se da premissa de que a geada pro-

voca mudanças fisiológicas na vegetação e que essas mudanças afetam seu comportamento espectral, esta pesquisa teve dois objetivos. O primeiro, avaliar o potencial dos dados MODIS para detectar a abrangência da área atingida pela geada e o segundo, avaliar o potencial das imagens MODIS para detectar mudanças no comportamento espectral de áreas cafeeiras em tempo hábil.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

Para testar o potencial dessas imagens, no monitoramento de mudanças no vigor da vegetação, a área de estudo foi o Estado do Paraná entre as latitudes 22° 29' 30"S e 26° 42' 59" S e as longitudes 48° 02' 24"W e 54° 37' 38" W. Para avaliar mudanças no vigor vegetativo do café foram selecionadas lavouras cafeeiras (com tamanhos compatíveis com os dados MODIS) em cinco municípios na região de

Cornélio Procópio: Cornélio Procópio, Nova Fátima, Ribeirão do Pinhal, Santa Mariana e São Sebastião da Amoreira, localizados a noroeste do Estado do Paraná, entre as latitudes 22° 53' 40"S e 23° 36' 23" S e as longitudes 50° 17' 31"W e 50° 49' 01" W (Figura 1).

2.2 - Material

Esta pesquisa foi desenvolvida com dados MODIS do ano de 2000, quando ocorreram duas geadas de alta intensidade nos dias 13 e 17 de junho daquele ano.

Foram utilizadas imagens do sensor MODIS, bandas 1 e 2, com resolução espacial de 250 m, correspondente ao *tiles* h13v11, obtidas nas datas 06/07/00, 14/07/00, 17/07/00, 21/07/00 e 24/07/00. Além das imagens MODIS utilizou-se, como dados auxiliares para identificar e mapear as lavouras de café, uma imagem, em composição colorida, do sensor ETM+ do Landsat-7, nas bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 222/76, da data de 30/01/2000.

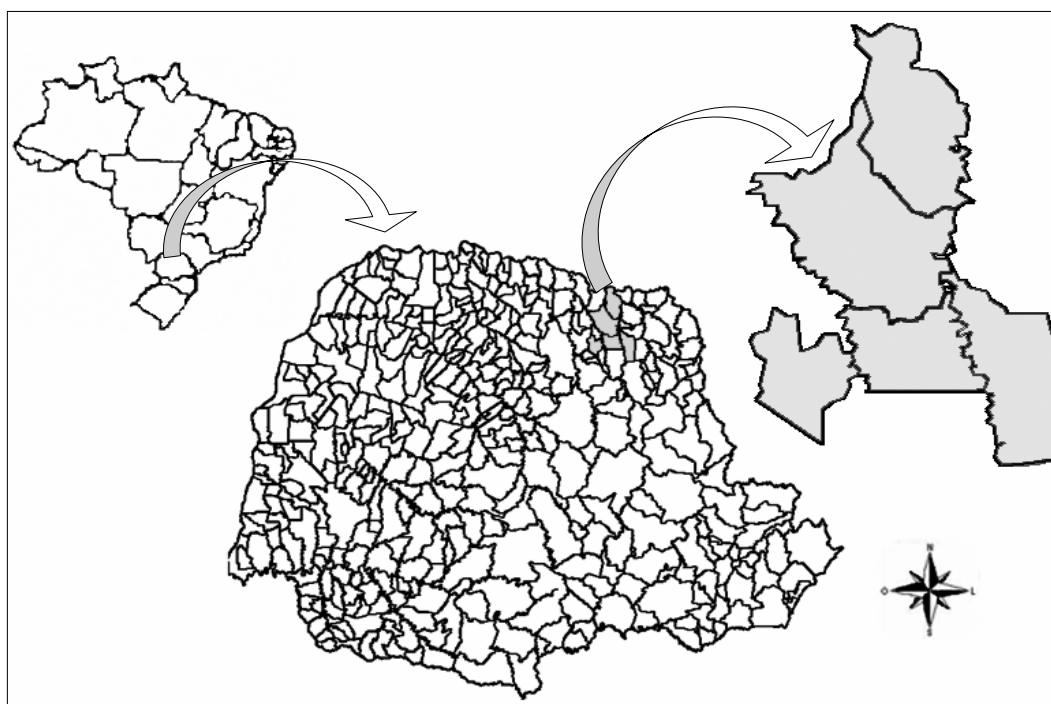


Figura 1 - Limites dos Municípios Selecionados para o Estudo Regional e Estado do Paraná, 2000.
Fonte: Dados da pesquisa.

Dados meteorológicos, correspondentes às temperaturas mínimas ocorridas nos dias 13 e 17 de julho de 2000, foram obtidos das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

O Banco de dados geográfico foi gerado no aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

2.3 - Metodologia

Na primeira fase da pesquisa realizou-se um trabalho de campo, para coletar dados auxiliares à interpretação das imagens de satélites. Foram coletados dados geográficos das lavouras afetadas pela geada e informações sobre o estágio de desenvolvimento dessas lavouras. O georreferenciamento das lavouras no campo foi realizado por meio do GPS de navegação.

Com os dados de campo e as imagens de satélite criou-se um banco de dados geográfico (BDG) no aplicativo SPRING, onde foram armazenadas as imagens do sensor MODIS, do ETM+, informações geográficas das lavouras de café e a malha municipal no formato digital.

O processamento da imagem ETM+ do Landsat-7 foi realizado no aplicativo SPRING. O georreferenciamento da imagem ETM+ foi realizado com o auxílio do mosaico de imagens ortorretificadas do ETM+ do Landsat, de 2000, fornecido pela NASA, obtido pela combinação das bandas 7R, 4G e 2B, cuja projeção é dada em UTM/WGS84, o que facilitou o registro imagem-imagem.

Após o registro da imagem ETM+ realizou-se a importação, no formato *grib*, para o banco de dados no SPRING e fez-se o recorte utilizando o limite dos cinco municípios. Com a imagem recortada fez-se um realce e, por meio da edição vetorial, traçaram-se polígonos sobre as áreas de café, das 36 lavouras selecionadas. Esse mapa vetorial foi sobreposto às imagens MODIS. Uma vez identificadas as lavouras nos produtos MODIS realizou-se uma edi-

ção vetorial para inserir polígonos dentro das áreas eliminando os pixels de borda, para evitar a contaminação de valores radiométricos dos dados.

No caso específico do café, as imagens do ETM+ foram fundamentais para mapear as lavouras selecionadas no campo, na fase inicial. A partir da localização foi possível identificá-las e mapeá-las nas imagens MODIS.

Os produtos MODIS já vêm corrigidos para efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis, etc.) e georreferenciados. Assim, utilizou-se o MODIS Reprojection Tool (MRT) para transformar os arquivos do formato *hdf* para *geotiff* e, também, para a conversão de projeção, de sinusoidal para geográfica. Em seguida foi realizada a importação para o BDG do SPRING e realizou-se o recorte das imagens com o limite do Estado do Paraná.

2.3.1 - Avaliação das mudanças no vigor vegetativo

Para avaliar as mudanças no vigor da vegetação optou-se em transformar os dados MODIS em imagens Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O emprego de imagens NDVI obtidas a partir de dados AVHRR, para estudo e monitoramento da vegetação em escala continental, tem exemplo destacado no trabalho de Tucker; Townshend; Goff (1985). Em nível regional, Tappan et al. (1992) analisaram uma série multitemporal de dados NDVI obtidos de imagens AVHRR, para monitoramento dos campos de pastagem no Senegal. A partir dessas imagens é possível identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial, bem como a evolução de seu estado fenológico ao longo do tempo. Os valores do índice variam entre -1 e +1, sua interpretação deve levar em consideração os ciclos fenológicos anuais, a fim de se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação, das mudanças na distribuição espacial resultantes de desmatamento ou demais formas de intervenção sobre a vegetação (CEBALLOS e SCHROEDER, 1999).

Para transformar as imagens MODIS em imagens NDVI desenvolveu-se um programa em Lin-

guagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), cuja expressão matemática é dada pela equação 1:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (1)$$

em que, IVP corresponde ao valor da radiação média de um dado pixel, para a região do infravermelho próximo e V é o valor da reflectância média num dado pixel, para a região do vermelho do espectro eletromagnético.

O resultado da aplicação da equação 1 são as imagens índices, que são geradas em número digital em uma categoria modelo numérico do terreno (MNT), ou seja, elas possuem uma grade numérica com variação de 0 a 255. Em função disso foi necessário normalizar essas imagens.

O processo de normalização também foi realizado na linguagem LEGAL, em que o resultado foi um MNT variando de -1 a 1. Para finalizar, as imagens NDVI diárias foram fatiadas, gerando-se uma categoria temática para possibilitar a visualização do impacto das geadas. Segundo o INPE (2004), o fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, denominados no SPRING por fatias. Dessa forma, um Plano de Informação da categoria **numérica** originou um Plano de Informação de categoria **temática** representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno, consequentemente cada fatia foi associada a uma classe **temática** previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo.

Para cada lavoura selecionada foi obtido o valor do NDVI médio da área de café inserida dentro do polígono, por meio da ferramenta **estatística de imagem**, do SPRING. Posteriormente, foram gerados no Excel os valores médios de NDVI, a partir dos valores dos NDVIs obtidos das 36 lavouras selecionadas.

Em seguida, utilizou-se o teste *t* para pares de observações, ou seja, para comparar *n* diferentes pares de observações para um valor *m*, conforme

equação 2. Nesse procedimento, procurou-se avaliar se houve diferença significativa entre a imagem antes da geada e as posteriores.

$$t = \frac{\bar{d} - m}{S_d / \sqrt{n}} \quad (2)$$

em que, *d* é a média da amostra dos diferentes pares de observação; *S_d* é a variância da amostra dos diferentes pares observados e *n* é o número de pares.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o trabalho de campo além do georreferenciamento das lavouras, através do GPS, foi possível, também, selecionar as lavouras cafeeiras cujos tamanhos eram compatíveis com os dados MODIS. Desse modo, foi possível identificar 36 lavouras, localizadas em 12 propriedades nos cinco municípios da região de estudo.

A análise dos dados permitiu verificar que o maior polígono traçado sobre as lavouras cafeeiras, observadas nos dados MODIS, correspondeu a uma área de 154,25ha, enquanto o menor foi de 9,62ha.

De acordo com informações levantadas no campo, pôde-se constatar que boa parte das lavouras naquela época eram constituídas por cafezais mais antigos, com idade entre 22 e 25 anos, com espaçamento convencional de 4 x 2m, sendo as variedades mais utilizadas, Catuaí e Mundo Novo.

De acordo com informações dadas pelos agricultores que tiveram suas lavouras afetadas pela geada, foi possível concluir que a geada que ocorreu na área foi do tipo radiação, sendo o aspecto visual de geada branca e a intensidade severa. Diversas lavouras de café foram erradicadas em função da severidade das geadas.

Com os dados cartográficos verificou-se que as lavouras estudadas situavam-se entre 340 e 760m de altitude. Segundo Camargo (1972), quanto maior a altitude, menor a temperatura e maior a ocorrência de geadas.

Segundo Grodzki et al. (1996), as geadas no

Paraná ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia, propiciando condições para que se verifique a queda da temperatura até o ponto de congelamento interno das plantas (abaixo de 0°C medido próximo ao solo). Esse processo torna-se bastante frequente no inverno, o que leva à ocorrência de geadas, inclusive no noroeste do Estado, com consequências desastrosas para a agricultura paranaense.

As estações meteorológicas mais próximas da área do estudo registraram, nos dias 13 e 17 de julho, temperaturas mínimas de 2,5°C e 0,20°C em Bandeirantes; - 0,20°C e - 1,3°C em Londrina; e 2,4°C e 0°C em Irati. Pinto et al. (1983), citados por Pinto et al. (2000), verificaram que, estatisticamente, ocorre uma diferença de 5,7°C em média, entre as medidas no abrigo e na relva a 5cm do terreno gramado e que essa diferença representa de forma significativa a variação térmica das folhas em noites de geadas.

Estudos de Camargo et al. (1993), Grodzki et al. (1996) e Oliveira et al. (1997), citados por Sangiolo e Nery (2000), que relacionaram as temperaturas mínimas do ar, medidas a 1,5m de altura, com as da

relva, a 0,05m, nos Estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, respectivamente, mostraram que valores abaixo de 3°C no abrigo já podem levar à ocorrência de geadas.

3.1 - Imagens NDVI do MODIS

Ao analisar a seqüência de imagens NDVI (Figuras 2 a 6) obtidas dos dados MODIS para os dias 06, 14, 17, 21 e 24 de julho de 2000 foi visível a ocorrência de um decréscimo desses valores entre a imagem referência (06/07/00) e as demais imagens. Nota-se que houve mudança nos valores do NDVI logo na primeira data após a geada do dia 13/07/00. No entanto, a real dimensão da abrangência da geada (somando os efeitos acumulativos das duas geadas 13 e 17 de julho) foi claramente perceptível na imagem do dia 21 de julho de 2000, quatro dias depois. Esse resultado, embora de caráter qualitativo, foi extremamente positivo, em função do espaço de tempo e da visualização espacializada das áreas atingidas pela geada.

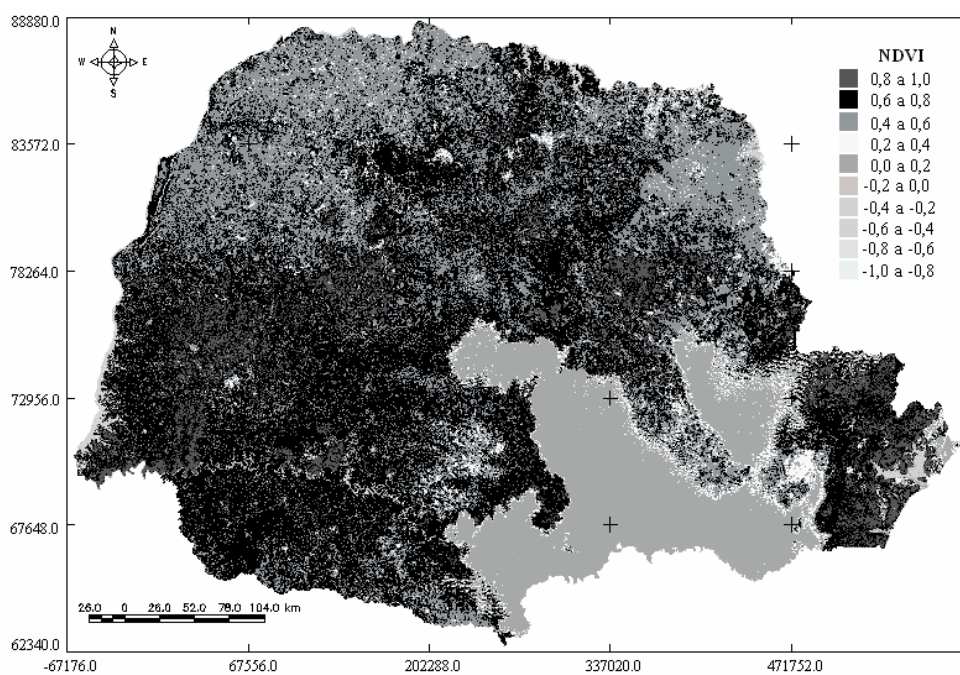


Figura 2 - Imagem NDVI Obtida dos Dados MODIS para o dia 06/07/00, antes da Ocorrência da Geada.
Fonte: Dados da pesquisa.

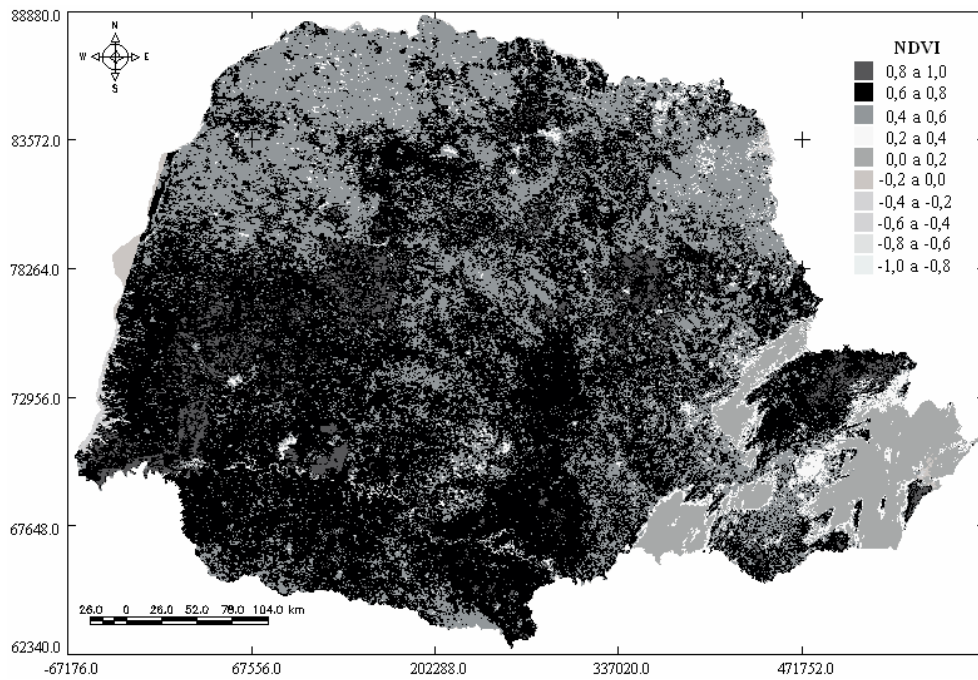


Figura 3 - Imagem NDVI Obtida dos Dados MODIS para o dia 14/07/00, um Dia Após a Ocorrência da Geada do dia 13/07/00.
Fonte: Dados da pesquisa.

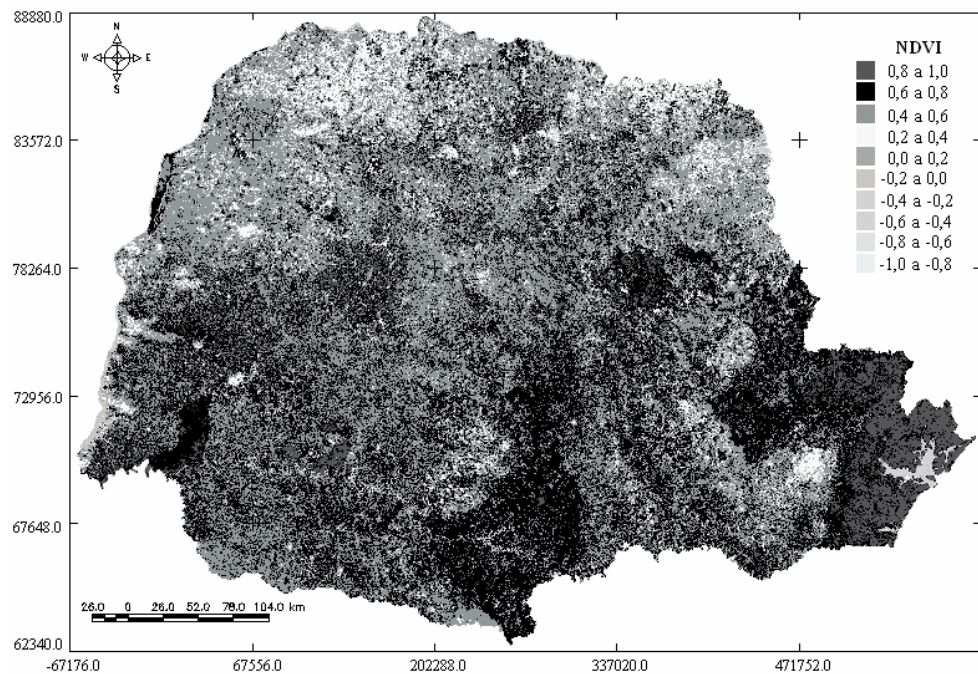


Figura 4 - Imagem NDVI Obtida dos Dados MODIS para o dia 17/07/00, 4 Dias após a Geada do dia 13/07/00 e do Dia em que Ocorreu a Segunda Geada.
Fonte: Dados da pesquisa.

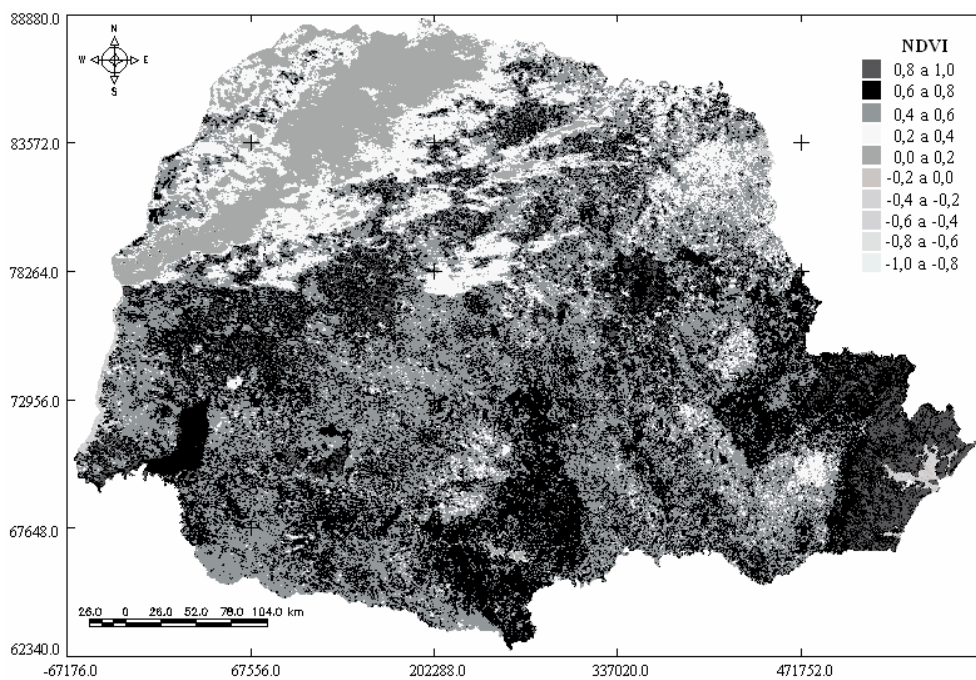


Figura 5 - Imagem NDVI Obtida dos Dados MODIS para o Dia 21/07/00, 4 dias Após a Geada do dia 17/07/00.
Fonte: Dados da pesquisa.

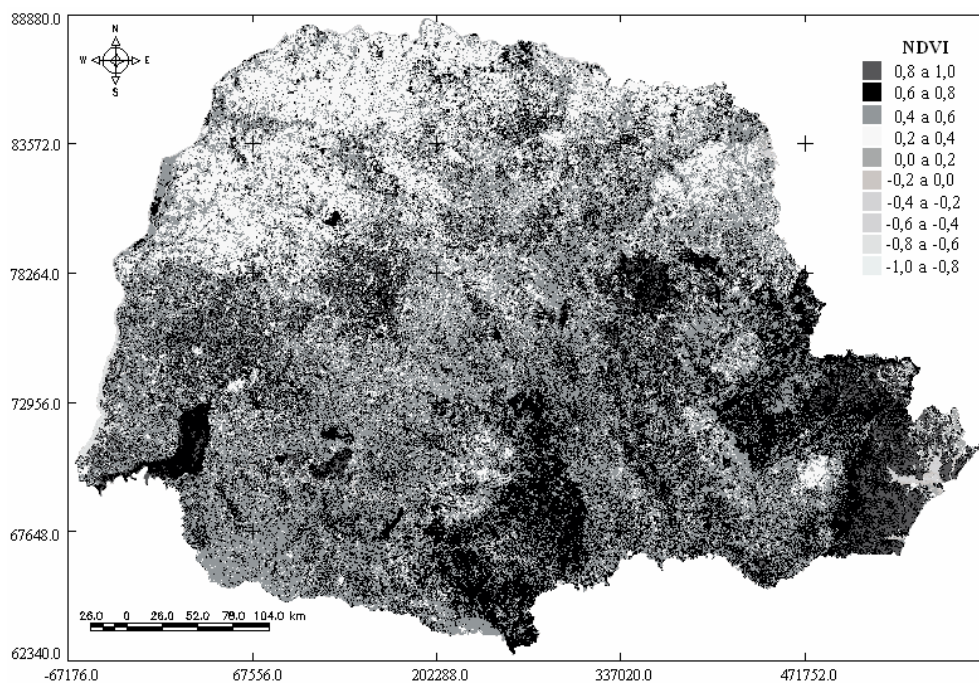


Figura 6 - Imagem NDVI Obtida dos Dados MODIS para o Dia 24/07/00, 7 Dias após a Geada do dia 17/07/00.
Fonte: Dados da pesquisa.

Posteriormente, fez-se um estudo mais detalhado do NDVI para as 36 lavouras selecionadas nos cinco municípios. Na figura 7 verifica-se a variação dos valores médios do NDVI nas cinco datas em que os dados foram analisados.

Observou-se que o NDVI médio passou de aproximadamente 0,69 na data de 06/07/00, dado obtido antes da ocorrência da geada, para 0,56 na data de 24/07/00. Nota-se também que a variação nos valores do NDVI da data de 21/07 para o dia 24/07 foi menos acentuada, o que indica a ocorrência de estabilização do efeito da geada no tecido da planta.

Na tabela 1 estão contidos os resultados do teste *t* para pares de observação, realizado com os valores do NDVI médio das 36 lavouras, sendo considerada a imagem do dia 06/07/00 como dado de referência.

Os resultados da tabela 1 mostram que, com

exceção da imagem de 14/07/00, em que o nível de significância foi de 5% de probabilidade, nas demais datas os resultados foram altamente significativos ($p < 0,01$), em comparação aos dados de 06/07/2000. De acordo com esse resultado pode-se dizer que o efeito da geada no comportamento espectral do café pode ser perceptível no primeiro dia após a sua ocorrência. Do ponto de vista prático, é bastante animador, pois permitiu visualizar não só a extensão da área atingida pela geada, como também observar as mudanças no comportamento espectral com um dia após a ocorrência da geada.

A interpretação do NDVI deve também levar em consideração os ciclos fenológicos da cultura (CAMARGO; CAMARGO; PALLONE FILHO, 2001). Na região noroeste do Estado do Paraná, como no Estado de São Paulo, a partir de julho, o café começa a entrar na fase fenológica de repouso e senescência

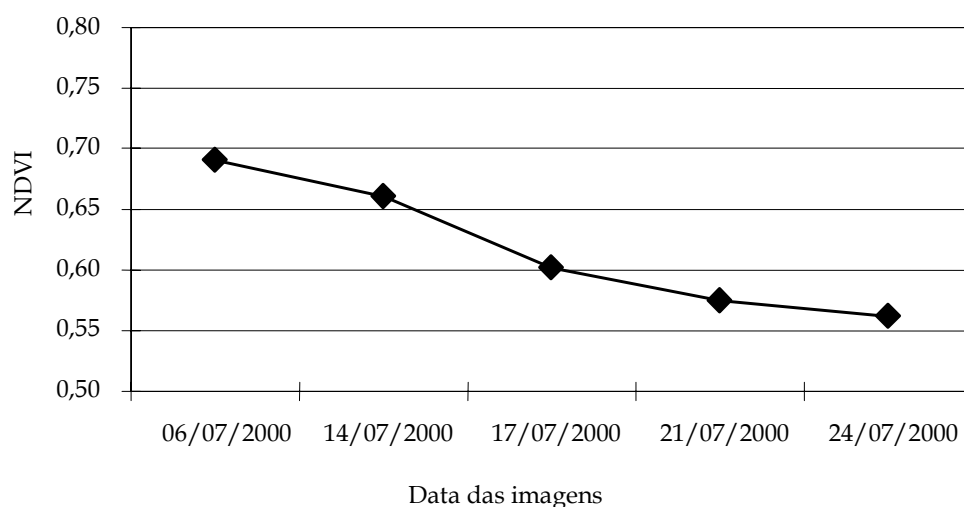


Figura 7 - Valores Médios de NDVI para 36 Lavouras em 5 Datas de Coleta das Imagens MODIS.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 1 - Resultados do Teste *t* Aplicado para Valores Médios de NDVI do MODIS

Diferença entre as datas	Média	Desvio padrão	Valor de t	Pr > t
06/07/00-14/07/00	0,03	0,0674	2,67**	0,0115
06/07/00-17/07/00	0,0886	0,0841	6,32**	< 0,0001
06/07/00-21/07/00	0,1158	0,1129	6,15**	< 0,0001
06/07/00-24/07/00	0,1286	0,0899	8,59**	< 0,0001

**Significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

dos ramos. É importante salientar que mudanças nos valores do NDVI podem ocorrer com o desenrolar da colheita, que é feita manualmente e que provoca a derrida de boa parte das folhas. No entanto, esse fato não pode estar associado às mudanças nos valores do NDVI, porque o período observado foi muito curto, menos de 10 dias. Além disso, a análise da imagem para todo o estado mostra que o NDVI da vegetação mudou drasticamente em um curto espaço de tempo. Assim, pode-se afirmar que as mudanças no NDVI das lavouras selecionadas foram conseqüências da geada.

4 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa foi possível concluir que os dados MODIS são uma ferramenta valiosa para monitorar, em tempo hábil, áreas atingidas por geada, pois no Estado do Paraná foi possível observar mudanças no comportamento espectral da vegetação, com um dia após a sua ocorrência. Além disso, a largura da faixa de imageamento do sensor MODIS foi muito adequada para esse tipo de análise, tendo em vista que uma única imagem foi suficiente para abranger todo o Estado, o que seria impossível ao usar dados de satélites de menor resolução espacial.

A análise do índice de vegetação NDVI obtido das imagens MODIS foi eficiente para o monitoramento do efeito da geada em nível estadual, logo após a sua ocorrência.

Com relação à cultura do café, a informação quantitativa da área atingida não pode ser obtida diretamente dos dados MODIS, por causa da resolução espacial do sistema sensor e das características das lavouras de café, que apresentam heterogeneidade no tamanho da área cultivada. Nessa situação, recomenda-se empregar imagens MODIS para avaliar qualitativamente o impacto da geada e, para quantificar a área de café, deve-se usar imagens de média resolução espacial, como as do TM/Landsat ou CCD/CBERS.

Finalmente, pode-se dizer que o aplicativo SPRING foi adequado para o processamento dos dados

orbitais e coletados em campo, e a metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser aplicada em qualquer outro Estado onde há ocorrência de geadas.

LITERATURA CITADA

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de; PALLONE FILHO, W. J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região norte de São Paulo e no triângulo mineiro. **Boletim Técnico do IAC**, Campinas, 2001. p.190.

CAMARGO, A. P. Apontamentos de agrometeorologia. **Apostila da FAZMCG**, Esp. Sto. do Pinhal, 1972.

CEBALLOS, J. C.; SCHROEDER, W. **Índices de vegetação baseados em imagens NOAA**. 1999. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ffch/lab-geo/notas-vegetacao.doc>>. Acesso em: set. 2002.

COMPANHIA NACIONAL de ABASTECIMENTO - CONAB. **Safra de café 2005/2006: segundo levantamento - abril/2005**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/safra.html>>. Acesso em: jun. 2005.

GRODZKI, L. et al. Riscos de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **SPRING: tutorial de geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/index.html>>. Acesso em: 15 set. 2004.

JUSTICE, C. O. et al. An overview of MODIS land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 3-15, 2002.

MACEDO, M. A.; RUDORFF, B. F. T. Geotecnologia no seguro agrícola do milho safrinha. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 50, t. 1, p. 43-50, 2003.

PINTO, H. S. et al. Um modelo para estimativa de danos causados por geadas em cafezais. **Agroclimatologia**, Brasília, DF, v. 1, p. 120-121, 2000.

RUDORFF, B. F. T. et al. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 52, t. 1, p. 21-39, jan./jun. 2005.

SANGIOLO, A. C.; NERY, J. T. Distribuições de extremos de temperatura mínima no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 247-253, 2000.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. L. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 2000. 172 p.

TAPPAN, G. G. et al. Monitoring rangeland dynamics in Senegal with advanced very high resolution radiometer data. **Geocarto International**, v. 1, 1992.

TUCKER, C. J.; TOWNSHEND, J. R. G.; GOFF, T. E. African land-cover classification using satellite data. **Science**, Washington, n. 227, 1985.

Recebido em 28/07/2005. Liberado para publicação em 18/10/2005.