

Distinção de classes de cana-de-açúcar através do NDVI

Daniela Brandão¹
Elizabeth Goltz¹
Magog Araújo de Carvalho¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹
Flávio Jorge Ponzoni¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{dany, goltz, flavio, bernardo}@dsr.inpe.br; magogaraujo@gmail.com

Abstract. The area prediction through remote sensing aims to provide automatic interpretation and continuous agricultural crop monitoring. This study aimed at comparing the temporal evolution of Vegetation Index - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) for two types of sugar cane crop fields (Ratoon crop 1 and Ratoon crop X – more than 5 years old). Firstly sampling points were collected on 05/26/07 image, all of them presented bare soil, in order to compare both classes in 09/15/07 image. The result showed that Ratoon crop 1 presented NDVI average bigger than Ratoon crop X. Secondly those points were analysed on 9 different dates (04/24/07, 05/26/07, 07/29/07, 08/14/07, 08/30/07, 09/15/07, 10/01/07, 03/25/08 and 04/26/08) within the crop vegetative cycle. The result showed that the NDVI index presented a relationship with crop phenology and it was possible to discriminate between Ratoon crop 1 and Ratoon crop X. Finally, stratification by Ward method was done using image of 03/25/2008, where the crop was at the peak of the vegetative cycle, in order to distribute the NDVI difference for cluster analysis. For 3 groups the result showed that the bigger class of Ratoon crop X (45,70%) was between 0,50 and 0,56, while for Ratoon crop 1 82,78% were at high NDVI value (0,57 – 0,68). In the future a map can be made determining areas with low NDVI which must be renewed in an effort to increase productivity in those areas.

Palavras-chave: remote sensing, monitoring, cluster analysis, sensoriamento remoto, monitoramento, análise cluster.

1. Introdução

O desenvolvimento do setor canavieiro tem se destacado na política agrícola brasileira, sendo aspecto relevante a determinação da área plantada para estimativas da produtividade visando em última análise, melhor planejamento do escoamento da produção, da exportação, do armazenamento, dos preços (oferta/demanda), incluindo os derivados diretos dessa cultura.

A cana-de-açúcar é denominada “cana planta” até sua primeira colheita, havendo um período de crescimento em torno de 12 ou 18 meses, dependendo da época de plantio. Se for plantada de setembro a outubro, geralmente é colhida em aproximadamente 12 meses, sendo então denominada “cana de ano”. Se for plantada entre janeiro e março, a cana cresce por volta de 18 meses e, portanto, é denominada de “cana de ano e meio”.

Após a primeira colheita, a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. As demais colheitas ocorrem anualmente por volta do mesmo período (mês), sendo chamadas de ressocas. As rebrotas da cana se caracterizam por 4 a 5 cortes quando então a lavoura é renovada com uma cana de ano ou de ano e meio (Rudorff, 1985).

Atualmente vários estudos têm sido desenvolvidos para acompanhar o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. O Projeto CANASAT é uma parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a União das Indústrias de Cana-de-açúcar (UNICA) no qual é realizado o mapeamento e o monitoramento da cultura da cana no Centro-Sul do Brasil. Este monitoramento consiste principalmente na verificação de áreas de expansão da cana e áreas que entram em reforma, ou seja, que não serão colhidas naquele ano-safra. Assim, trata-se de um trabalho periódico de obtenção de imagens livres de nuvens e de análises da cultura.

Devido à grande demanda do mercado pelos subprodutos da cultura de cana-de-açúcar, as áreas de expansão tem tido um crescimento expressivo ao longo dos últimos anos. Essas novas áreas passam a ocupar tanto áreas de pastagens quanto áreas de diferentes culturas agrícolas. Uma forma de minimizar este incremento em área nas quais existiam outras culturas ou usos implantados é melhorar as áreas já ocupadas pela cana através de um manejo adequado. Exemplo desse procedimento seria reformar as áreas pouco produtivas e assim recuperar o solo e obter uma melhoria na produtividade.

Os objetivos deste trabalho foram: analisar a possibilidade de distinção entre os dois extremos das classes de cana (Soca 1 - primeira rebrota da cana e Soca X - áreas antigas que não são reformadas há mais de 5 anos) utilizando dados de Difference Normalized Vegetation Index (NDVI); e fazer uma estratificação para verificar a diferença de máximo vigor vegetativo entre as duas classes de cana.

2. Material e Métodos

A área de estudo está localizada no Estado de São Paulo entre as coordenadas 50:24:17.67°, 22:41:3.39s e 48:12:42.64°, 20:39:6.52s, órbita/ ponto 221/ 75 de uma cena do sensor Thematic Mapper do satélite Landsat 5 (TM/Landsat-5). Nela estão plantadas pouco menos de 850.000 hectares de áreas cultivadas com cana-de-açúcar, e estão incluídos aproximadamente 100 municípios, entre eles Agudos, Barra Bonita, Bauru, Bebedouro, Bocaina, Echaporã, Gavião Peixoto, Ibitinga, Jaboticabal, Jaú, Marília, São José do Rio Preto, entre outros.

As rebrotas analisadas foram: Soca 1 (primeira rebrota) e Soca X (plantas com mais de 5 anos de idade e que desde o início do projeto CANASAT, em 2003, nunca entraram em reforma). Salientando que as áreas de Soca 1 são advindas unicamente de áreas de reforma e não de áreas que vieram de expansão da cana no ano anterior.

A primeira etapa do trabalho foi analisar, através de valores de NDVI, se havia diferença entre os dois extremos das classes de cana do mapeamento do Projeto CANASAT, a soca 1 e a soca X.

Para a coleta dos pontos amostrais foi utilizado o mapeamento fornecido pelo Projeto CANASAT. Foram utilizadas duas cenas TM/ Landsat, uma de 24/04/07 e outra de 26/05/07. A partir das duas imagens os pontos amostrais foram selecionados de forma a assegurar que as classes (soca 1 e soca X) estivessem na mesma fase fenológica da seguinte maneira:

- ❖ Na imagem do dia 26/05 as duas classes deveriam apresentar solo exposto;
- ❖ E voltando na imagem de 24/04/07 estas áreas deveriam estar com cana em pé.

Desta forma, assegurou-se que as amostras tinham em torno de 1 mês de diferença entre elas. Nas Figuras 1 e 2 pode-se observar esta etapa.

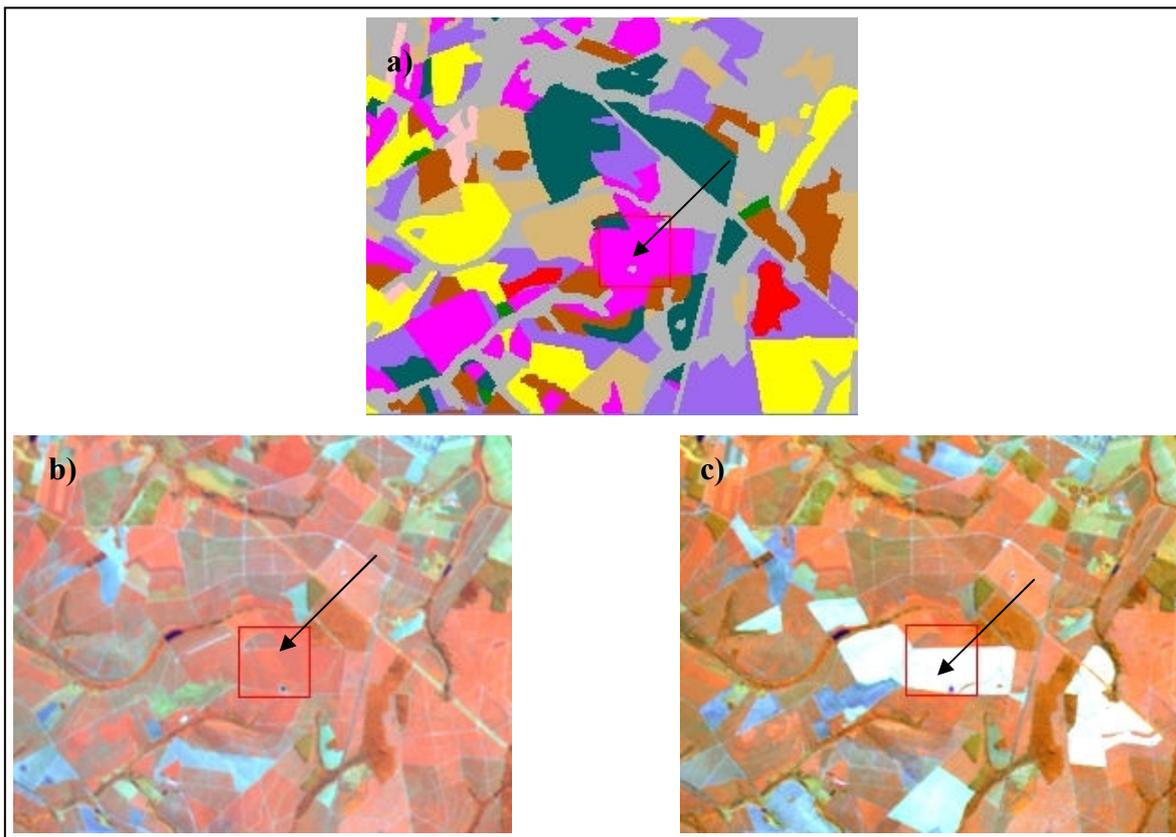


Figura 1. Exemplos de área de Soca 1 no mapeamento (a), na imagem de 24/04/07 (b) e na imagem de 26/05/07 (c).

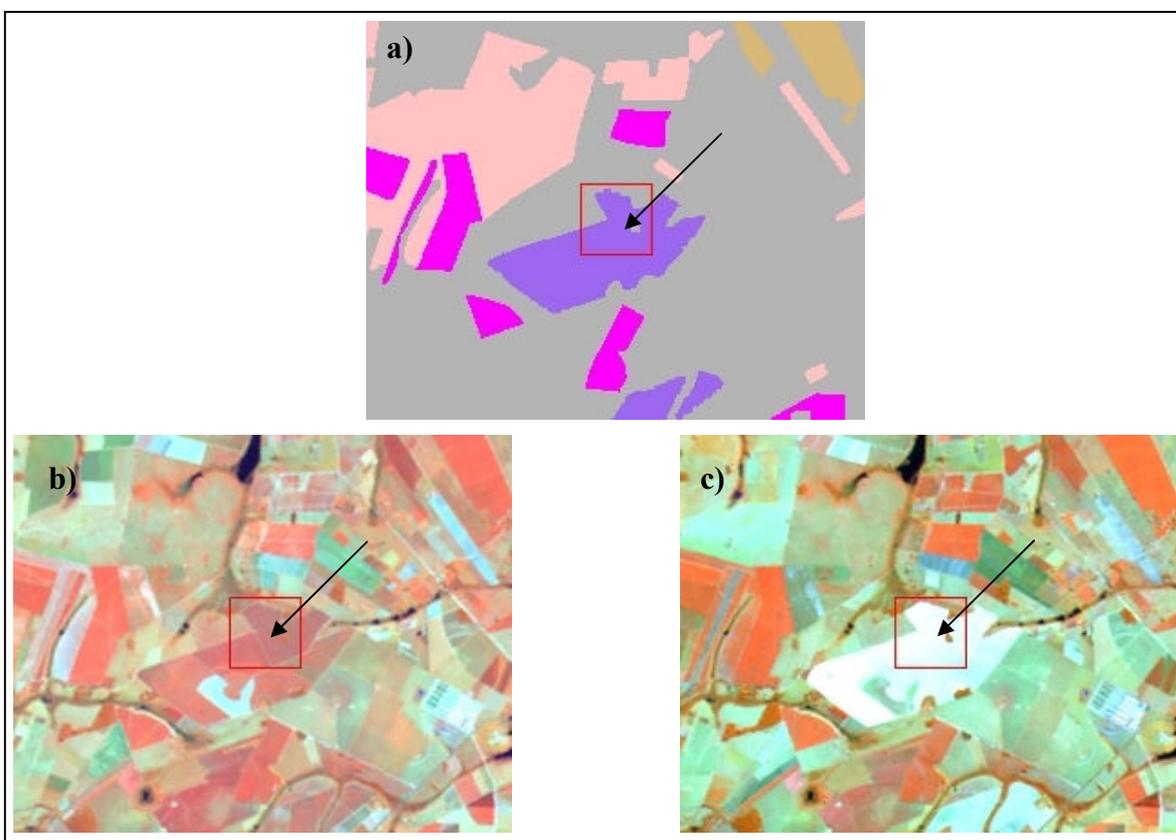


Figura 2. Exemplos de área de Soca X no mapeamento (a), na imagem de 24/04/07 (b) e na imagem de 26/05/07 (c).

Inicialmente foi analisada a imagem de 15/09/07 para auditoria das amostras (eliminação de áreas com solo exposto nesta data) e verificação inicial da diferença entre as classes analisadas.

A imagem em nível de cinza de 15/09/07 foi transformada em imagem reflectância aparente para as bandas 3 e 4. Esta etapa foi realizada no programa Envi 4.3 utilizando os dados de entrada, para cada banda, disponíveis no cabeçalho da imagem e na tabela proposta por Chander e Markham (2003).

Esta transformação foi necessária para a geração do índice de vegetação. De acordo com Moreira (1992) as grandes vantagens do emprego de dados de sensoriamento remoto transformados em índices de vegetação são a redução do número de bandas utilizadas e a correlação com variáveis agrônomicas e biofísicas das culturas, além de minimizar os efeitos atmosféricos como partículas de aerossóis, vapor d'água, ozônio (Kaufman & Tanré, 1992).

O índice utilizado nesse trabalho foi o NDVI, resultante da diferença entre o fator de reflectância no infravermelho próximo (IVP) e o fator de reflectância no vermelho (V). Esta razão é, então, normalizada pela soma dos dois fatores de reflectância (Eastman, 1999), como descrito pela Equação 1.

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

Com o aumento da cobertura vegetal, a reflectância na região do vermelho tende a diminuir, enquanto no infravermelho próximo tende a aumentar, devido às propriedades espectrais contrastantes de vegetação, solo e sombras.

Vale lembrar que as amostras foram polígonos extraídos da imagem e cada ponto amostral era a média do NDVI dos pixels contidos dentro de cada polígono.

Em uma segunda etapa do trabalho decidiu-se fazer análise espectro-temporal utilizando 9 cenas (diferentes datas) para verificar se a diferença entre os valores de NDVI das classes de cana analisadas se mantinha em cada uma das datas ao longo de um ano, ou seja, ao longo do ciclo vegetativo da cultura. As datas utilizadas foram: 24/04/07; 26/05/07; 29/07/07; 14/08/07; 30/08/07; 15/09/07; 01/10/07; 25/03/08 e 26/04/08.

Por último, foi feita uma estratificação utilizando os valores de NDVI dos pontos amostrais a partir da imagem de 25/03/2008 onde a cana Soca 1 e a Soca X estavam no máximo vigor vegetativo. Esta estratificação foi feita pela análise de cluster com a aplicação do algoritmo de agrupamento denominado Ward. O método de Ward é um método de agrupamento de dados que forma grupos de maneira a atingir sempre o menor erro interno entre os vetores que compõem cada grupo e o vetor médio do grupo. Isto equivale a buscar o mínimo desvio padrão entre os dados de cada grupo (Dutra, 2008).

Os valores de NDVI foram divididos entre três e seis estratos para ambas as classes de cana. Apenas a título de ilustração foram colocados os agrupamentos da Soca 1 nos mesmos intervalos da Soca X.

3. Resultados e Discussão

Esta primeira parte teve o intuito de verificar inicialmente a diferença entre as classes analisadas (Soca 1 e Soca X) na data de 15/09/07. O resultado desta primeira análise pode ser visto na Tabela 1.

Ao analisar os resultados observou-se que a classe Soca 1 apresentou valor médio de NDVI mais alto do que a Soca X. Nesta época estas duas classes encontravam-se aproximadamente com 4 meses no campo, mostrando que a Soca 1 possui um maior vigor vegetativo, nesta fase inicial de desenvolvimento.

Tabela 1. Comparação entre as médias, Desvio-padrão (DP), Coeficiente de Variação (CV) e variância das classes de cana utilizando a imagem de 15/09/2007.

| | Soca 1 | Soca X |
|----------------------|---------|---------|
| Média NDVI | 0,33685 | 0,26742 |
| Desvio Padrão | 0,07131 | 0,06057 |
| CV (%) | 21,17 | 22,65 |
| Variância | 0,00508 | 0,00367 |

Para verificar se as demais fases de desenvolvimento apresentavam esta mesma tendência foram analisadas as imagens de 24/04/07; 26/05/07; 29/07/07; 14/08/07; 30/08/07; 15/09/07; 01/10/07; 25/03/08 e 26/04/08.

O gráfico abaixo (Figura 3) mostra o comportamento do NDVI das duas classes de cana nas 9 imagens TM analisadas.

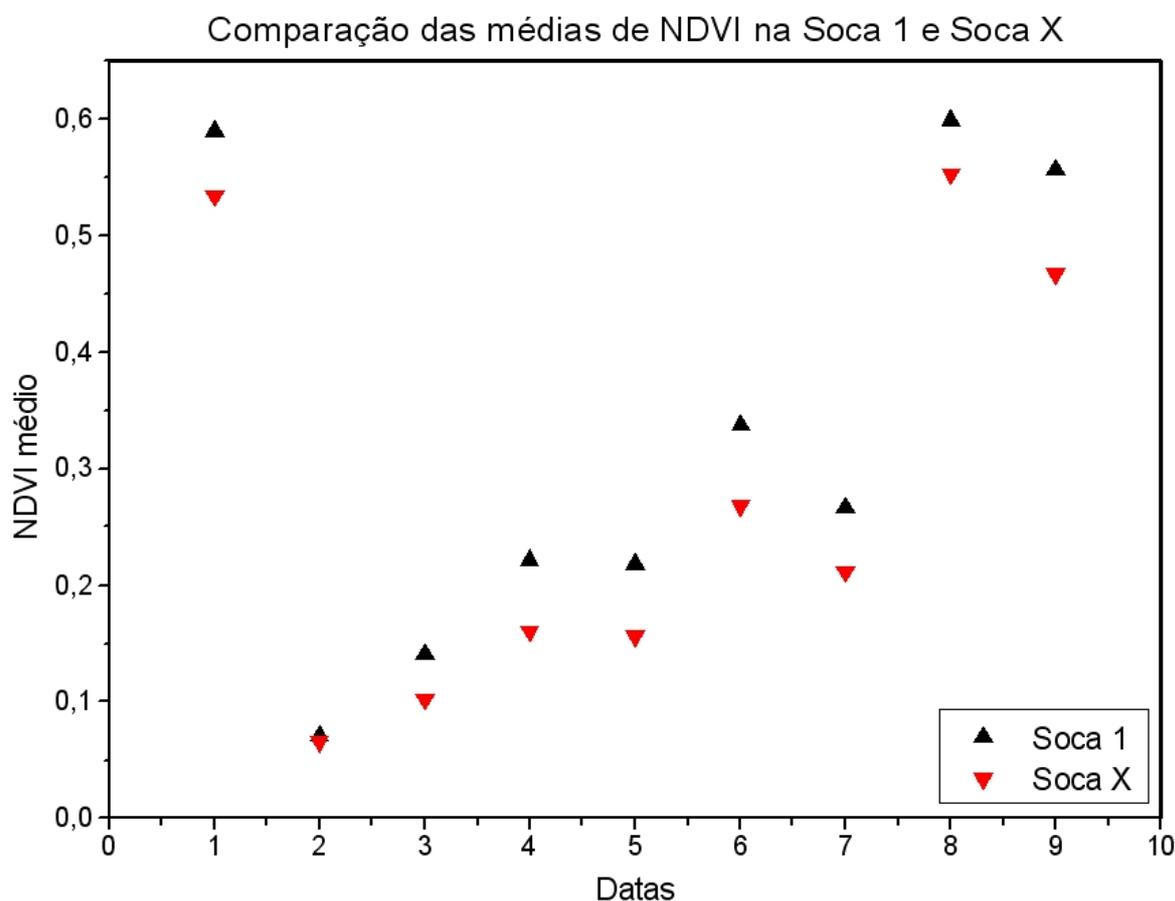


Figura 3. Comparação das médias de NDVI entre as duas classes da cana em cada uma das nove datas analisadas.

Observa-se que, com exceção da data 2 (26/05/07), a qual ambas as canas foram colhidas e apresentavam-se com solo exposto, em todas as demais datas verificou-se diferença entre a Soca 1 e a Soca X, demonstrando que a Soca 1, como na análise anterior, apresenta valores maiores de NDVI em relação à Soca X. Isto comprova que áreas advindas de reforma apresentam um maior vigor vegetativo do que áreas que estão há muito tempo no campo. Esta diferença pode ser devido à exaustão do solo e/ou à perda de capacidade de rebrota da planta, confirmando a importância de reformar essas áreas antigas e melhorar a capacidade produtiva desses talhões.

À critério de observação foi realizada uma estratificação com os dados de NDVI a fim de verificar como eram distribuídas estas diferenças pelo método de agrupamento de dados (Figura 4).

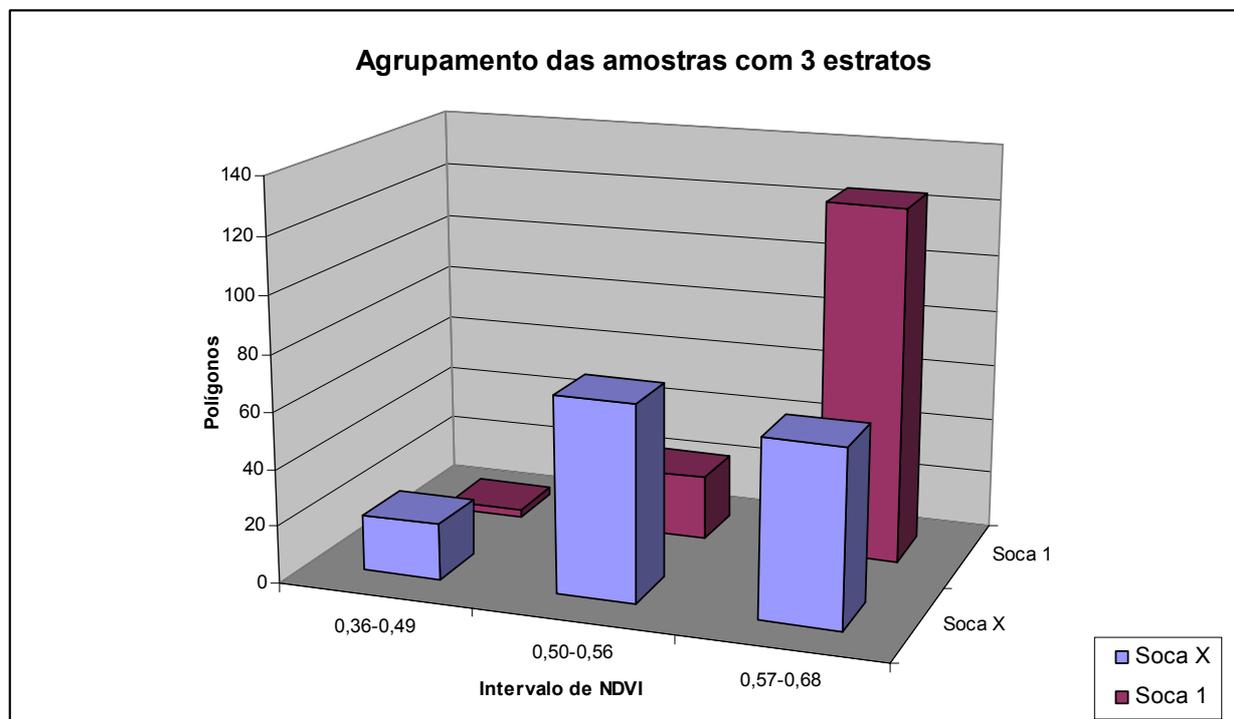


Figura 4. Estratificação das amostras em 3 estratos utilizando a imagem de 25/03/08.

Como é possível visualizar no gráfico da Figura 4, existem diferenças expressivas na distribuição dos dados entre as duas classes de cana (Soca 1 e Soca X). Baseado nesta distribuição foi gerado a Tabela 3, onde foi calculada a porcentagem das amostras em cada uma das classes no intervalo de NDVI e atribuído a necessidade de reforma destas áreas amostrais.

Tabela 3: Agrupamento das amostras em 3 estratos.

| Aptidão de reforma | Intervalo de NDVI | Soca X (%) | Soca 1 (%) |
|------------------------|-------------------|------------|------------|
| Áreas c/ alta aptidão | 0,36-0,49 | 13,25 | 3,31 |
| Áreas c/ média aptidão | 0,50-0,56 | 45,70 | 13,91 |
| Áreas c/ baixa aptidão | 0,57-0,68 | 41,06 | 82,78 |

Ao analisar a Tabela 3 a Soca X apresentou 13,25% das amostras na faixa com alta necessidade de reforma, já a Soca 1 apenas 3,31% das amostras encontravam-se nesta faixa.

Na segunda faixa (média aptidão de reforma) a Soca X apresentou a maior parte dos seus dados (45,70%), enquanto que na Soca 1 apenas 13,91% dos dados encontravam-se nesta faixa.

Já a faixa com baixa aptidão de reforma, isto é, com os maiores valores de NDVI (0,57-0,68), a Soca X continha 41,06% dos seus dados, já para a Soca 1 a maioria dos seus dados (82,78%) estavam nesta faixa. Este resultado sugere que nem todas as áreas antigas possuem baixa capacidade produtiva.

Esta análise teve como objetivo apontar quais as áreas com maior necessidade de serem reformadas buscando melhorar a capacidade produtividade destas áreas.

Outros agrupamentos foram realizados (4, 5 e 6 estratos) e em todos eles o comportamento foi similar ao citado acima (com 3 estratos).

4. Conclusões

A comparação entre a Soca X e a Soca 1 (mesma fase fenológica) ao longo de 9 datas apresentou valores médios de NDVI mais altos para a Soca 1 do que a Soca X comprovando que áreas advindas de reforma apresentam um maior vigor vegetativo do que áreas que estão há muito tempo no campo.

Baseado no agrupamento de 3 estratos foram geradas 3 faixas de aptidão de reforma. Como resultado deste agrupamento verificou-se que 41,06% das amostras da Soca X encontravam-se na faixa de baixa aptidão a entrarem em reforma, enquanto 82,78% na Soca 1 estavam nesta mesma faixa.

Outras análises serão realizadas a fim de fornecer um futuro mapeamento das áreas aptas a entrarem em reforma em virtude do baixo potencial do talhão (baixos valores de NDVI). Este mapa será útil na tomada de decisões para um manejo adequado da cultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração de Vagner Azarias pela ajuda na análise da estratificação pelo método de Ward.

Referências Bibliográficas

Chander, G.; Markham, B. Revised Landsat 5 TM radiometric calibration procedures and post-calibration dynamic ranges. 2003.

Dutra, R. M. O., Sperandio, M., Coelho, J. O Método Ward de Agrupamento de Dados e sua Aplicação em associação com os Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen. Disponível em: www.labplan.ufsc.br/sperandio/ward22_final.pdf. Acesso em: 04 out. 2008

Eastman, J. R. *Idrisi 32: Guide to GIS and Image Processing*. Clark University: Worcester, v. 1, 193 p. e v. 2, 170 p., 1999.

Kaufman, Y.J.; Tanré, D. Atmospherically resistant vegetation Index (ARVI) for Eos- MODIS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 30, n. 2, p. 261-270, 1992.

Moreira, M. A. Análise de dados do Landsat/TM e do SPOT/XS através de índices de vegetação – Fase II. São José dos Campos: INPE, 1992. 17 p. (INPE-5450- RPQ/663).

Rudorff, B. F. T. **Dados Landsat na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar**. 1985. 114p. (INPE-3744-TDL/202). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1985 Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.18.22.34.40/doc/publicacao.pdf>.

UNICA, União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 06 out. 2008.