



## SOFTWARE APLICATIVO PARA DETECTAR DEFICIÊNCIA FOLIAR DE NITROGÊNIO EM CULTIVAR DE FEIJÃO-CAUPI

---

Mario Mollo Neto<sup>1</sup>, João Paulo Augusto Rezende Filho<sup>2</sup>.

- 1- Prof. Dr. da Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus de Tupã/SP - Brasil  
[mariomollo@tupa.unesp.br](mailto:mariomollo@tupa.unesp.br)
- 2- Discente do Curso de Engenharia de Biosistemas da Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus de Tupã/SP - Brasil

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016  
DOI: 10.18677/Enciclopedia\_Biosfera\_2016\_111

---

### RESUMO

A definição da melhor aplicação de *N* nas culturas de feijoeiros para ampliar a produtividade e reduzir custos com fertilizantes é um grande desafio que pode ter sua solução baseada na utilização de ferramentas de agricultura de precisão. Este trabalho avalia a aplicação da técnica de processamento digital de imagens como instrumento indicador da dosagem de *N* em pontos focalizados da cultura. A partir da coleta das folhas, as mesmas são fotografadas e as imagens digitais obtidas são processadas de forma a obterem-se separadamente os canais de cor RGB e a imagem em tons de cinza. Destas imagens são extraídos os histogramas, para posterior comparação destes com histogramas já obtidos de outras folhas com vários graus conhecidos de deficiência de *N* alcançando, assim, a devida classificação. Nesta pesquisa é desenvolvido um aplicativo em ambiente Matlab para a classificação e os resultados obtidos permitem considerar que a metodologia em desenvolvimento apresenta resultados promissores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dosagem de nitrogênio, Processamento de Imagens. *Vigna unguiculata* (L.) walp.,.

### APPLICATION SOFTWARE TO DETECT NITROGEN DEFICIENCY IN THE FOLIAR OF BEAN CROPS

#### ABSTRACT

The definition of the best *N* application on common bean crops to increase productivity and reduce costs with fertilizers is a major challenge that may have your solution based on the use of precision farming tools. This study evaluates the application technique of digital images processing in indicating *N* dosage of the targeted points in the culture. Based on the gathering of leaves, they are photographed and the obtained digital images are processed in order to obtain separately the color channels RGB and the image in grayscale. From these images, the histograms are extracted, to be compared with histograms of such other sheets already obtained with various acquaintances degrees of *N* deficiency achieving thus

the proper classification. In this research an application is developed in Matlab environment for the classification and the results allow us to consider that the methodology being developed shows promising results.

**KEYWORDS:** *Vigna unguiculata (L.) Walp.*, nitrogen dosage, Image Processing.

## INTRODUÇÃO

No trabalho de MANCUSO et al. (2016), destaca-se que o feijão-caupi apresenta grande importância socioeconômica para as regiões norte e nordeste do Brasil, onde é amplamente cultivado, em virtude, essencialmente, da sua adaptação às condições edafoclimáticas e por apresentar ciclo relativamente curto, entre 60 e 80 dias, e desenvolver-se bem em condições de pouca disponibilidade hídrica e baixa fertilidade do solo, seu cultivo tem-se expandido em larga escala na região centro-oeste.

Segundo BERTOLDO et al. (2015), os solos de regiões tropicais, geralmente, são deficientes em nitrogênio (*N*), devido aos baixos teores de matéria orgânica, sendo considerado esse um dos fatores limitantes à produção agrícola. Por este fato a complementação se faz necessária por meio de adubação de cobertura.

No trabalho de BERNARDES et al. (2015), os autores afirmam que, dentre os fertilizantes nitrogenados mais comuns, o sulfato de amônio (*SA*), a ureia e o nitrato de amônio (*NA*), o mais utilizado no mundo é a ureia (adotado nesta pesquisa), por apresentar maior concentração de *N* (46% *N*) e menor custo por unidade de nutriente.

A crescente preocupação com a gestão mais eficiente dos processos produtivos e insumos do agronegócio, impulsionaram o desenvolvimento de um novo conceito de agricultura, designada por agricultura de precisão (*AP*) ou, em designações alternativas, *precision farming*, *site-specific crop management* ou *site-specific farming* (PINHO et al. 2015).

Parte deste contexto de *AP*, o uso de sensores ópticos, como ferramenta tecnológica, é uma das alternativas à recomendação tradicional de *N* e o processamento de imagens é outra tecnologia que avança a passos largos. O uso de sistemas específicos para a aquisição e processamento de imagens em tempo real permite aos pesquisadores, por exemplo, o estudo de comportamentos de plantas e animais de uma forma não intrusiva, e observar e avaliar os eventos específicos com nenhum ser humano interferindo diretamente no processo (MOLLO NETO, 2007).

Segundo consta no trabalho de IENO et al. (2015), o *software* MATLAB (MATH WORKS; 2013), é utilizado como instrumento de desenvolvimento baseado em modelos e, apresenta um ambiente gráfico e uma série de blocos configuráveis com soluções parciais para algumas aplicações, incluindo processamento de imagem.

Nos últimos anos, segundo consta no trabalho de SIMÕES et al. (2015), têm ganhado destaque os estudos sobre parametrização de atributos morfofisiológicos dos dosséis vegetais, feitos com métodos baseados nas propriedades ópticas das plantas. Os mesmos autores destacam que o processamento analítico das imagens captadas com as câmeras permite a construção de diversos índices, relacionados com a cobertura vegetal, o acúmulo de biomassa, e os teores de nitrogênio em diversas espécies cultivadas. Dizem ainda que, o acesso a essas informações tem sido feito tradicionalmente por corte e secagem da biomassa, seguida de análises laboratoriais, complementando que tais

procedimentos, embora precisos, possuem limitações, relativas a custos e tempo de execução, o que destaca a importância das metodologias indiretas como o processamento de imagens, que permitem efetuar tais avaliações em tempo real, a exemplo da utilização de informações obtidas de câmeras digitais.

Considerando estes aspectos da bibliografia prospectada, objetivou-se, neste trabalho, o desenvolvimento de um *software* aplicativo em ambiente Matlab para ser utilizado como instrumento indicador da necessidade de dosagem adicional de *N* em pontos focalizados da cultura, em relação aos histogramas obtido das imagens processadas das folhas do feijoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

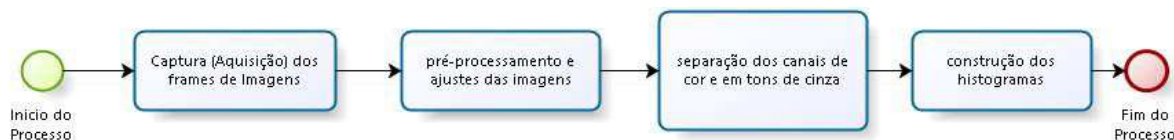
Para o desenvolvimento desta pesquisa, os trabalhos foram norteados, inicialmente, com uma prospecção bibliográfica em bases nacionais e internacionais de periódicos, das quais foram obtidos os dados de fundamentação para os estudos.

A seguir, o experimento para coleta de dados referentes aos níveis de *N* foi realizado de fevereiro a abril de 2016, na estufa experimental da Faculdade de Engenharia de Biossistemas da UNESP Campus de Tupã/SP, situado à latitude 21° 55' 39" S, 50° 29' 30" W, altitude 495 m, com clima temperado úmido com Inverno seco e verão quente, por meio do plantio de feijão-caupi em área coberta com palhada de casca de amendoim para evitar o crescimento de ervas daninhas, e a cultivar de feijão usada foi a Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), semeada no espaçamento entrelinhas de 0,50 m, e aproximadamente 12 a 18 sementes viáveis por metro linear de sulco.

As parcelas tiveram as dimensões de 4 m x 1 m. Antes da semeadura foi tomada uma amostra composta de solo para ser analisada. Foi preparada uma matriz composta por 9 parcelas (3x3) separadas por intervalos de 1 metro. Para cada parcela foram experimentadas taxas diferentes de *N* ajustadas durante a adubação. Foi feita a captura de imagens das folhas dos feijoeiros das parcelas tratadas com diferentes taxas de *N*, gerando a digitalização dos *frames* correspondentes às folhas de cada uma das parcelas.

Estes *frames* digitalizados foram processados no *software* aplicativo desenvolvido no ambiente de programação Matlab, fornecido por MATH WORKS (2013), em um computador pessoal, com o desenvolvimento de algoritmos que permitiram, por meio da coloração das folhas e a separação de seus canais de formação, identificar e construir os seus respectivos histogramas que no futuro serão comparados aos histogramas das amostras das parcelas para determinar a classificação das imagens candidatas quanto ao seu teor de *N* nas folhas para as propostas de complementação da adubação.

As imagens obtidas foram processadas e analisadas com auxílio do programa MATLAB e os algoritmos criados foram refinados até que produzissem um resultado satisfatório, gerando as novas imagens e os histogramas pretendidos. O processo foi subdividido em quatro etapas: aquisição de *frames* de imagens, pré-processamento, separação dos canais de cor e em tons de cinza das imagens digitais e, construção dos histogramas para as comparações. A figura 1 ilustra as etapas do processo.



**FIGURA 1** - Processo de aquisição e processamento das imagens adotado para a pesquisa. Fonte: Os autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a revisão da bibliografia e das documentações fornecidas sobre o *software* Matlab, iniciaram-se os testes com as folhas colhidas das parcelas de plantio utilizadas no experimento, das quais foram retiradas algumas folhas para a primeira fase de testes.

Nestes testes procurou-se colocar um fundo de maior contraste e com algumas interferências, como por exemplo, linhas e sombras (a serem eliminadas no processamento num momento futuro, quando do refinamento da aplicação).

O programa foi idealizado para atender ao processo proposto, passo a passo, e foi codificado diretamente no console do Matlab (*Command Window*) (MATH WORKS, 2013). A codificação obtida é apresentada na Figura 2.

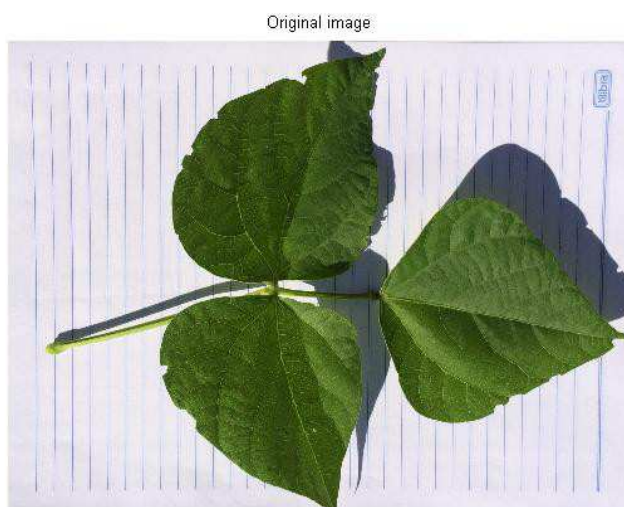
```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
fx >> img = imread('C:\Users\Mario\Desktop\5a.jpg'); % Read image
red = img(:,:,1); % Red channel
green = img(:,:,2); % Green channel
blue = img(:,:,3); % Blue channel
a = zeros(size(img, 1), size(img, 2));
just_red = cat(3, red, a, a);
just_green = cat(3, a, green, a);
just_blue = cat(3, a, a, blue);
back_to_original_img = cat(3, red, green, blue);
R=rgb2gray(img);
figure, imshow(img), title('Original image')
figure, imshow(just_red), title('Red channel')
figure, imshow(just_green), title('Green channel')
figure, imshow(just_blue), title('Blue channel')
figure, imshow(back_to_original_img), title('Back to original image')
figure, imshow(R), title('Grayscale image')
input=rgb2gray(just_red);
figure, imhist(input);
input2=rgb2gray(just_green);
figure, imhist(input2);
input3=rgb2gray(just_blue);
figure, imhist(input3);
input4=(R);
figure, imhist(input4);
  
```

**FIGURA 2.** Codificação Matlab desenvolvida para o processamento dos testes do aplicativo. Fonte: Os autores.

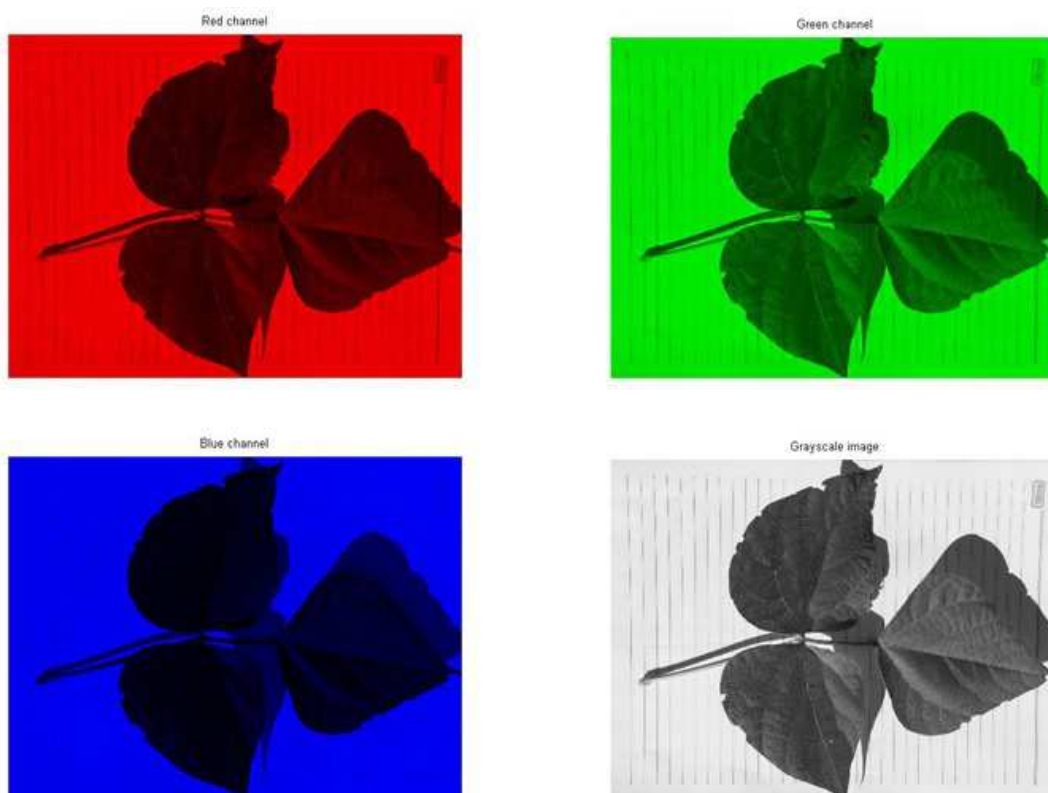
Inicialmente, a título de testes, como pode ser visto na listagem acima, foi realizada a codificação em ambiente Matlab para a carga direta da imagem escolhida no *workspace* do Matlab, após, foram criadas as linhas de comando responsáveis por separar os canais de cor RGB, criando uma nova imagem para cada um dos canais.

Na sequência, foram criadas as linhas de comando necessárias para gerar uma nova imagem em tons de cinza. Na figura 3 é apresentada a imagem original (sem ser processada) utilizada para o primeiro teste de processamento.



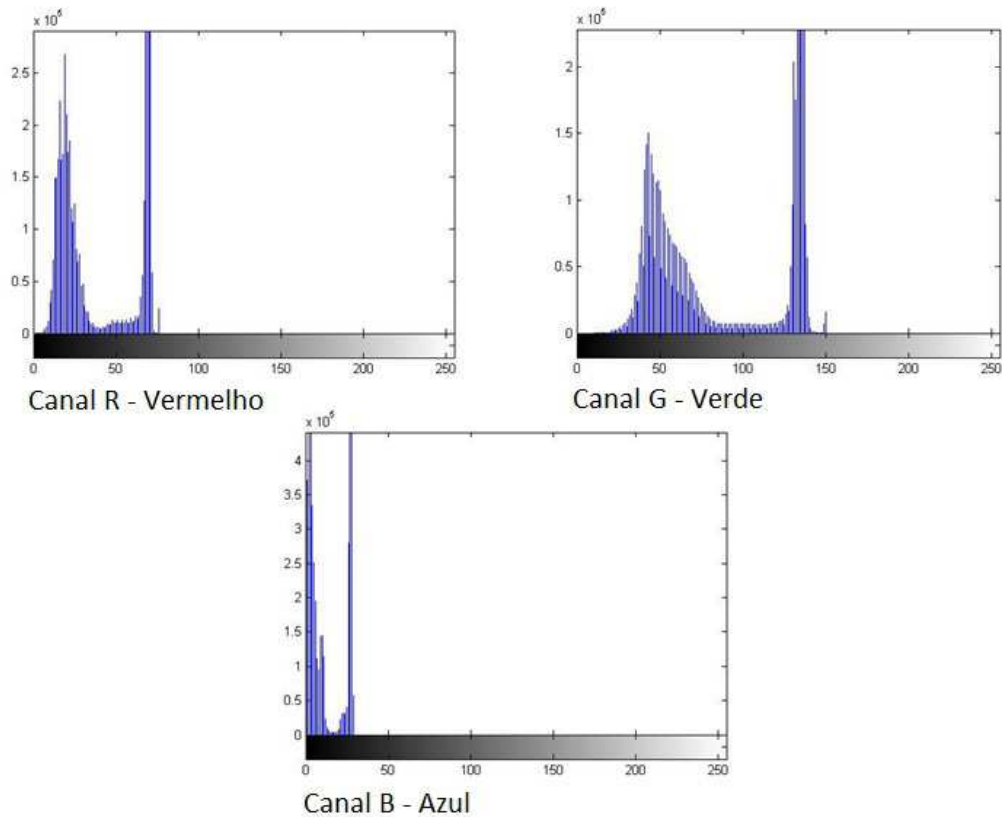
**FIGURA 3.** Imagem original (exemplo) para alimentar o processamento. Fonte: Os autores.

A Figura 4 exibe, o conjunto dos quatro frames da sequência de processamento (Canal R – vermelho, Canal G – verde, Canal B – azul e, Tons de cinza - *Grayscale*) oriundas, todas, da original.



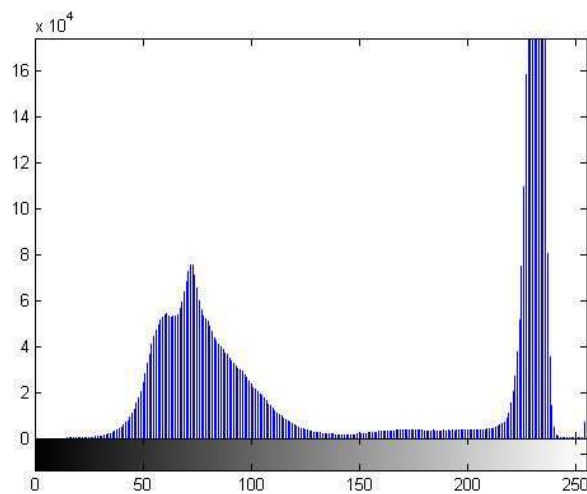
**FIGURA 4.** Frames de imagem dos canais R, G e B de cor (vermelho, verde, azul) e tons de cinza (grayscale) obtidos do processamento. Fonte: Os autores.

Na sequência do processamento, foram obtidos os três histogramas que representam os canais de cor vermelho, verde e azul (Figura 5), obtidos das imagens dos canais de cor separados na etapa anterior do processamento.



**FIGURA 5.** Histogramas dos frames de imagem dos canais R, G e B de cor (vermelho, verde, azul) obtidos do processamento. Fonte: Os autores.

Finalizando, foi obtido do processamento o histograma correspondente à imagem que foi convertida para tons de cinza (*grayscale*). A Figura 6 apresenta o resultado obtido na saída da interface do Matlab:



**FIGURA 6.** Histograma do frame de imagem em tons de cinza (*grayscale*) obtido do processamento. Fonte: Os autores.

De posse destes histogramas, é possível, efetuar comparações entre as diversas amostras coletadas das parcelas com diferentes taxas de *N* para avaliação.

### CONCLUSÕES

Foi possível observar que, a metodologia proposta, separando-se os canais de cor e em tons de cinza, gerando-se novas imagens, para na sequência gerar os histogramas, gera uma boa ferramenta para uma proposta de classificador.

Acredita-se que aprimorando o algoritmo desenvolvido durante esta pesquisa, será possível obter as faixas de classificação para as folhas oriundas das parcelas tratadas com diferentes taxas de *N* e, assim, encaminhar os trabalhos futuros para incrementar o aplicativo, com as funcionalidades correspondentes em uma *interface* gráfica para ambiente operacional Windows, que permita dar bases a um sistema para a classificação automática, mais completo. E isso permitirá determinar as quantidades de ureia a serem aplicadas no momento da adubação de cobertura para complementação somente nas áreas que apresentem maior deficiência de *N*, ampliando a produtividade e reduzindo os custos com fertilizantes.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento à pesquisa PIBIT e a UNESP, câmpus de Tupã/SP pelo suporte e disponibilização de área para o experimento.

### REFERÊNCIAS

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S.. Productivity of irrigated beans due to sources of stabilized nitrogen fertilizer and controlled release. **Revista Ceres**, Viçosa , v. 62, n. 6, p. 614-620, Dec. 2015 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2015000600614&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2015000600614&lng=en&nrm=iso)>. doi:org/10.1590/0034-737X201562060015.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia1. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, Goiânia , v. 45, n. 3, p. 348-355, Sept. 2015 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-40632015000300003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632015000300003&lng=en&nrm=iso)>. doi:org/10.1590/1983-40632015v4534885.

IENO, E.; GARCÉS, L. M.; CABRERA, A. J.; PIMENTA, T. C.. Simple generation of threshold for images binarization on FPGA. **Ingeniería e Investigación**, Bogotá , v. 35, n. 3, Sept. 2015 . Available from <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092015000300009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092015000300009&lng=en&nrm=iso)>. doi:org/10.15446/ing.investig.v35n3.51750.

MANCUSO, M. A. C.; AIRES, B. C.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; SORATTO, R. P.. Seletividade e eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa , v. 63, n. 1, p. 25-32, Feb. 2016 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2016000100025&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2016000100025&lng=en&nrm=iso)>. doi:org/10.1590/0034-737X201663010004.

MATH WORKS (2013). Image Processing Toolbox. Available from <<http://www.mathworks.com/help/images/index.html>> access on 07 Apr. 2016.

MOLLO NETO, M. **Decisões usando inteligência artificial**. In: COSTA NETO, P. L. O. *Decisões na Gestão da Qualidade*. São Paulo: Blücher, 2007.

PINHO, T.; BOAVENTURA-CUNHA, J.; MORAIS, R.. Tecnologias da eletrônica e da computação na recolha e integração de dados em agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa , v. 38, n. 3, p. 291-304, set. 2015 . Disponível em <[http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2015000300003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000300003&lng=pt&nrm=iso)>. doi:N/C.

SIMÕES, C. R.; ROSSIELLO, R. O. P.; GRACIOSA, M. G.; MACHADO, M. L.; SILVA, C. F. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciencia Rural**, Santa Maria , v. 45, n. 4, p. 697-703, Apr. 2015 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782015000400697&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000400697&lng=en&nrm=iso)>. doi:org/10.1590/0103-8478cr20131424.