

UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO PARA DETECÇÃO REMOTA DE ESTRESSE HÍDRICO, ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM MILHO IRRIGADO¹

R. L. GOMIDE², P. E. P. de ALBUQUERQUE², R. A. L. BRITO², G. de AVELAR³, A. M. COELHO⁴

¹ Trabalho financiado pelo projeto de Pesquisa Embrapa 03.03.2.37.00, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil.

² Eng. Agrônomo/ Eng. Agrícola, Ph.D. Eng. de Irrigação, Pesq. Sênior Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Fone (31) 3779-1228, gomide@cpnms.embrapa.br.

³ Geógrafa, M.Sc. Geoprocessamento, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

⁴ Eng. Agrônomo, Ph.D. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador Sênior Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

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

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema de aquisição de imagem com uma câmera digital de alta resolução para detecção remota de estresse hídrico, índices de vegetação e níveis de nitrogênio (N) no milho irrigado. A câmera utilizada é dotada de três dispositivos, que permitiram que imagens fossem adquiridas simultaneamente nas bandas do espectro visível (RGB) e infravermelho colorido (CIR, falso-cor). Um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS) foi usado junto com a câmera para o georreferenciamento de pixels das imagens adquiridas. A cobertura vegetal foi usada como indicadora do status hídrico e nutricional (N) da cultura. Usou-se uma metodologia para a calibração da reflectância nas diferentes bandas de espectro estudadas em função de níveis de estresse hídrico e de N pré-estabelecidos, diferenciados e controlados em parcelas experimentais, considerando-se uma altura e um ângulo de visada da lente da câmera de 2,60 m e 45°, respectivamente, em relação a um plano logo acima do dossel da cultura. Outros dados ambientais de solo, clima e cultura foram usados na calibração. As imagens da cobertura vegetal adquiridas, uma vez processadas, vão permitir a caracterização e o mapeamento de áreas de produção, possibilitando um melhor entendimento e controle de variabilidade dos fatores de produção água e N e uma melhoria de eficiência de uso destes insumos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVES: sensoriamento remoto, evapotranspiração da cultura, reflectância de cobertura vegetal.

A HIGH RESOLUTION IMAGE ACQUISITION SYSTEM FOR REMOTE DETECTION OF WATER STRESS, VEGETATION INDEXES, AND NITROGEN LEVELS IN IRRIGATED CORN

ABSTRACT: The main objective of this work was the development of an image acquisition system with a high resolution digital camera for remote detection of water stress, vegetation indexes, and nitrogen (N) levels in irrigated corn. The used camera presents three devices, that allowed acquiring images simultaneously in the visible (RGB - Red, Green, Blue) and color infrared (CIR, false-color) spectrum bands. A differential global positioning system (DGPS) was used with the camera for pixels positioning of the acquired images. The canopy was used as indicator of the crop water and nutritional (N) status. A methodology was used for the reflectance calibration in the different spectrum bands studied in function of previously established water and N stress levels, differentiated and controlled in experimental plots, considering that the camera's

lens height and field of view angle was located at 2,60 m and 45°, respectively, in relation to a plan just above the crop canopy. Other environmental data of soil, climate and crop were used in the calibration. Once processed, the canopy acquired images will allow characterizing and mapping the production areas, providing a better understanding and variability control of the production factors water and N, and an improvement of these agricultural inputs use efficiency.

KEYWORDS: remote sensing, crop evapotranspiration, canopy reflectance.

INTRODUÇÃO: O sensoriamento remoto agrícola (SRA) a partir de imagens obtidas de satélite tem a vantagem de cobrir uma grande área em uma única imagem, mas geralmente apresenta limitações de menor resolução espacial e menor periodicidade. Por outro lado, as imagens adquiridas de superfície, aeronaves e aeromodelos possuem alta resolução e não apresentam problema de periodicidade. A maioria das aplicações do SRA tem sido baseada no registro de assinaturas espectrais do dossel de culturas nas porções do visível (RGB) e infravermelho próximo (NIR) do espectro eletromagnético. Respostas de assinaturas espectrais de vegetação no Vermelho (R) e NIR têm sido utilizadas na classificação de diferenças de densidades de dossel de culturas e na definição de diferentes índices de vegetação (VI), que envolvem tipicamente alguma razão de reflectância entre as bandas NIR e R (JACKSON, 1984). Várias investigações estão emergindo na aplicação de dados de SRA para a tomada de decisão de manejo de sítio-específico de culturas e solo. Imagens têm sido usadas para detectar anomalias de culturas em campo; porém, apenas a detecção de anomalias não é suficiente para fornecer recomendações quantitativas que podem ser aplicadas diretamente ao sistema de produção. Estas imagens devem ser calibradas, classificadas e convertidas a unidades quantitativas (valores) com significado físico (como temperatura, nível de nitrogênio, déficit hídrico ou rendimento de cultura) e integradas a modelos de crescimento de cultura. Isto significa que os dados espectrais devem ser primeiramente calibrados para estabelecer relações quantitativas consistentes entre as medições remotas e as condições da cultura (GOMIDE et al., 2003). Dessa forma, este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema de aquisição de imagem de superfície com uma câmera digital de alta resolução para medições remotas de estresse hídrico, índices de vegetação e níveis de nitrogênio (N) no milho irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido em uma área de 1,3 ha, da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, MG, com coordenadas 19° 27' 21" de latitude Sul, 44° 10' 22" de longitude Oeste e altitude de 732 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico. As características físico-hídricas e químicas do solo foram determinadas nos laboratórios de física e química de solo da Embrapa Milho e Sorgo. A melhor recomendação de sistema de produção de milho foi usada e a adubação de plantio foi realizada com base na análise de fertilidade do solo. O plantio de milho, híbrido simples (CMS 101112), foi realizado em 7/06/2005, para possibilitar induzir o estresse hídrico no campo (período sem chuva), com um espaçamento de 0,7 m entre fileiras de plantio e 6 sementes distribuídas por metro. Após o plantio e no início do crescimento e desenvolvimento da cultura, toda a área experimental recebeu um tratamento uniforme com relação à irrigação e tratos culturais para assegurar uma boa germinação e formação de estande. Um DGPS da Trimble, modelo AG 114, de precisão submétrica, foi usado para georreferenciar a área experimental e os pixels das imagens obtidas nas parcelas, de tal modo a possibilitar que os dados fossem integrados a um sistema de informação geográfica (GIS). A irrigação foi efetuada com um sistema de aspersão convencional setorial e o cálculo da lâmina de água aplicada em cada irrigação foi realizado com base no registro da evapotranspiração real da

cultura (ETc) pelo método razão de Bowen/ balanço de energia (RB/BE), descrito em GOMIDE (1998). Um sistema da CAMPBELL SCIENTIFIC (1997) foi usado na aquisição automática dos dados de RB/BE a cada 20 minutos. O delineamento experimental usado foi o blocos ao acaso, com 4 repetições e 7 tratamentos, constituídos por 3 níveis de água e 4 níveis de N. As dimensões de cada bloco e parcelas foram de 66 m x 88 m e 20 m x 40 m, respectivamente. A diferenciação dos tratamentos de água foi iniciada aos 38 dias após o plantio, no estágio de crescimento V6. Os níveis de água foram produzidos por meio de aplicação de lâminas diferenciadas de irrigação, com base nos seguintes percentuais de reposição da ETc: 100 % (sem estresse), 70 % (estresse intermediário) e 40 % (estresse severo). Os níveis de N foram obtidos com a aplicação das seguintes dosagens (em kg/ha): 180, 120, 60 e residual. Uma faixa de 2,25 m de largura foi deixada sem plantio entre os blocos, para a circulação do sistema de aquisição de imagem de superfície, que foi constituído de uma câmera digital de alta resolução (Duncantech, modelo MS 3100), uma placa de aquisição de vídeo (National Instruments, modelo NI PCI 1424), um microcomputador, um DGPS (Trimble, modelo AG 114) e um braço de sustentação da câmera (tubo de alumínio de 25,4 mm de diâmetro), que foi acoplado a uma estrutura de metal e ambos presos a uma camionete ranger (Figura 1). O braço de alumínio era dotado de um dispositivo de PVC, na sua extremidade em conexão com a câmera, que permitiu ajuste do ângulo de visada da lente da câmera. A altura desse braço foi ajustável de tal modo a assegurar que a câmera operasse a 2,60 m acima do dossel da cultura. A câmera usada possui um dispositivo 3 CCD's ("Charged Couple Device"), que permitiu a aquisição de imagens simultaneamente nas bandas do espectro visível (RGB) e infravermelho colorido (CIR, falsa-cor).



Figura 1. Vista geral de um bloco do experimento e do sistema de aquisição de imagem de superfície constituído de uma câmera digital, um microcomputador, um DGPS e um braço de sustentação da câmera acoplado a uma estrutura presa a uma camionete ranger.

As imagens adquiridas foram processadas com o software ERDAS Imagine, versão 8.7 (LEICA GEOSYSTEMS, 2003). Antes da etapa de classificação, segmentação e reconhecimento das características a serem estudadas nas imagens, objetivo do trabalho, foram processados os padrões de reconhecimento do ERDAS para a detecção de anomalia e identificação de objetos. Em seguida, foram utilizados os passos para o processamento das

reflectâncias das imagens do dossel de culturas nas porções do RGB e CIR, com base nos segmentos de classificação e de análise espectral do ERDAS, de onde foram calibradas, extraídas e estabelecidas as diferentes classes, de acordo com os tratamentos estudados, isto é, estresse hídrico e níveis de nitrogênio. O método de classificação não supervisionada ou automática, indicado para alvos homogêneos ou pequenas áreas (lente da câmera operou a 2,60 m acima do dossel da cultura, muito próximo aos alvos), onde a assinatura espectral é suficiente para indicar a variabilidade de reflectância, foi utilizado, estabelecendo-se cinco classes e baseando-se no princípio de agrupamento estatístico para seleção dos grupos ou classes, com a opção de automatizar a busca dos grupos de pixels espectralmente homogêneos com alto grau de uniformidade e assumir que estes grupos correspondem às classes de interesse. A divisão do espaço multiespectral da imagem foi efetuada usando técnicas de agrupamento estatístico, com definição prévia do critério de similaridade espectral das bandas, baseando-se na distância mínima euclidiana, visto que “a priori” não é conhecida a distribuição estatística de cada classe. Assim sendo, um pixel foi classificado dentro da classe mais próxima segundo a distância euclidiana espectral. Essa tarefa foi realizada pela classificação não supervisionada do ERDAS Imagine, utilizando o método iterativo ISODATA, onde as classes foram definidas por seu vetor de médias e os pixels classificados de acordo com o critério de distância mínima, após o máximo de oito interações (DUDA e HART, 1973).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A imagem digital é um arranjo de números, uma matriz na qual se encontram armazenados valores relativos da reflectância integrada e ou acumulada das correspondentes porções do dossel da cultura, do solo exposto e de plantas daninhas e resto de palhada de outras culturas (se for o caso). A variação destes números depende das características espectrais desses objetos. A classificação digital da imagem consiste em separar grupos de pixels em classes com características espectrais similares, segundo as leituras de reflectância em cada banda espectral. Os produtos dessa classificação são mapas temáticos. A Figura 2 apresenta os resultados do processamento e análise de duas imagens do milho adquiridas na banda do espectro CIR no tratamento sem estresse hídrico (100 % de reposição da ETc) e 120 kg/ha de N (bloco 2) em 29/07/2005 e 23/09/2005, correspondentes aos 52 e 106 dias após o plantio (DAP) da cultura. Nessa Figura 2, também se encontram os resultados da separação de pixels dessas duas imagens em cinco classes, cada uma com grupos de pixels espectralmente homogêneos e com alto grau de uniformidade, utilizando-se o método iterativo ISODATA de classificação não supervisionada. Os resultados mostram o grande potencial dessa metodologia de separação de diferentes classes espectrais das folhas das plantas do solo exposto, sombra e pendão, com base na reflectância. Mesmo as folhas apresentaram variação de classes (folhagens 1, 2 e 3) por causa de suas posições e ângulos de inclinação no dossel da vegetação. Os resultados das análises de variação das características espectrais das classes relativas às folhagens da cultura, ainda estão sendo processados para estabelecer e definir os padrões de detecção de estresse hídrico e níveis de nitrogênio (N) no milho irrigado.

CONCLUSÕES:

O sistema de aquisição de imagem de superfície, com uma câmera digital de alta resolução, proposto apresentou um grande potencial para a separação de classes espectrais da folhagem da cultura de solo exposto, sombra e pendão, com base na reflectância. Após o término das análises de variação das características espectrais de reflectância da folhagem, técnicas de processamento de imagens digitais serão desenvolvidas e avaliadas para estabelecer e definir

os padrões de detecção remota de estresse hídrico, índices de vegetação e níveis de nitrogênio (N) no milho irrigado.

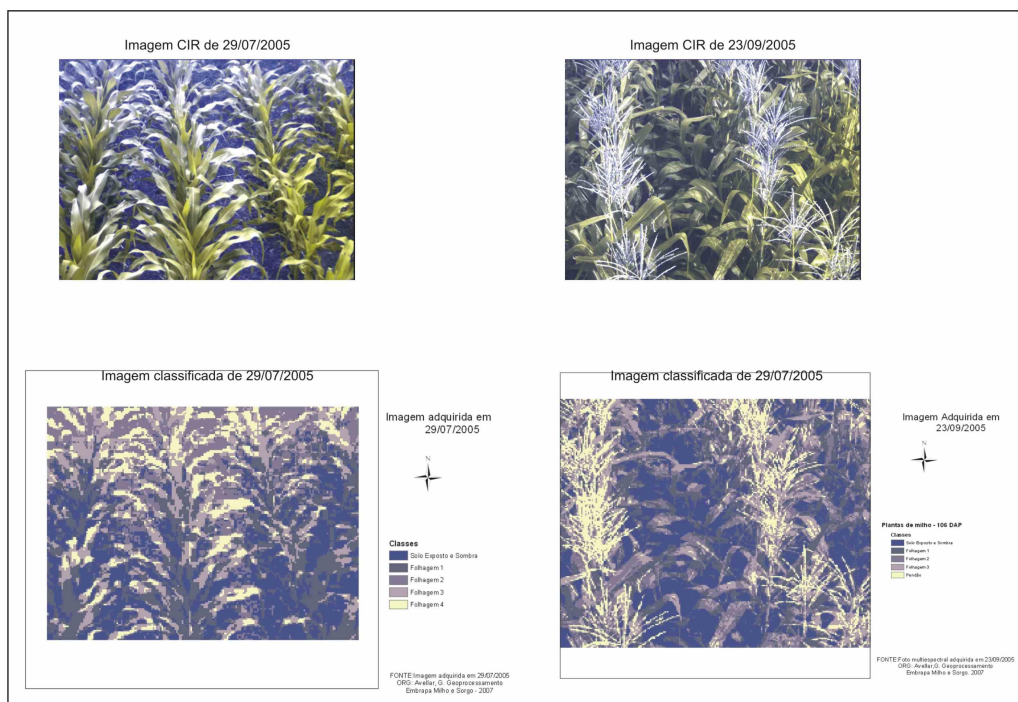


Figura 2. Imagens do milho adquiridas na banda do espectro CIR e imagens classificadas em cinco classes do tratamento sem estresse hídrico e 120 kg/ha de N, aos 52 (29/07/2005) e 106 (23/09/2005) dias após o plantio.

REFERÊNCIAS:

- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **Bowen ratio instrumentation instruction manual**. Logan, Campbell Scientific. 1.1-2.10.1997.
- DUDA, R. D.; HART, P. E. **Pattern classification and scene analysis**. John Wiley and Sons, New York, 1973.
- GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: **Faria, M. A., Silva, E.L., Vilela, L.A.A., Silva, A.M. Manejo de Irrigação**, XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas, MG, p.133-238, 1998.
- GOMIDE, R.L.; TIAN, L.; PINTO, F.A.C. Thermal and color near-infrared spectral remotely sensed scanners to detect in-field soybean and corn water stress variability. ASAE, St. Joseph, MI, 12 pp. 2003. ASAE Paper No. 03-3127.
- JACKSON, R.D. Remote sensing of vegetation characteristics for farm management. **SPIE** 475:81-96, 1984.
- LEICA GEOSYSTEMS, GIS & Mapping, LLC. **ERDAS Imagine Professional software manual**. Version 8.7, Atlanta, Georgia, pp. 128. 2003.