

CONTROLADOR VRT COM SENSORIAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO: UMA FERRAMENTA PARA DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS

RICARDO YASSUSHI INAMASU¹; STEVE PAYTON²; SVEN JOHNSON³; DENNIS D. FRANCIS⁴; MICHAEL SCHLEMMER⁵; JOHN F. SHANAHAN⁶; ARIIVALDO LUCHIARI⁷; ROBERT M. CALDWELL⁸; JAMES S SCHEPERS⁹

Escrito para apresentação no
XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
02 a 06 de Agosto de 2004 - São Pedro - SP

RESUMO: O trabalho descreve resultado do desenvolvimento de um controlador de aplicação de fertilizante em taxa variada com objetivo de estudar VRT utilizando sensoriamento remoto de alta resolução.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, sensoriamento remoto de alta resolução, aplicação de fertilizante em taxa variada

HIGH RESOLUTION REMOTE SENSING VRT CONTROLLER: A TOOL TO TEST NEW ALGORITHMS

ABSTRACT: This work presents an experimental VRT controller designed to study a correct on-the-go prescription using high resolution remote sensing.

KEYWORDS: Precision Agriculture, high-resolution remote sensing, Variable Rate Fertilize Application

INTRODUÇÃO: O sensoriamento remoto – processo de se obter informações de objetos alvos de plataformas remotas como sensores de terra, i.e., montados em tratores ou outros veículos; aeroplanos, ou satélites – têm sido considerado como uma opção para se avaliar o status e caracterizar a variabilidade espacial de nitrogênio em áreas cultivadas (Scheppers, 1996; Moran et al., 1997; National Research Council, 1997 Bhath)

Francis et al. (2000), Luchiari et al (2000, 2001 e 2002) mostraram as capacidades de sensores óticos em detectar e mapear variações no conteúdo de N, indicando que os mesmos poderiam ser utilizados para o mapeamento de deficiências e subseqüentemente no direcionamento da aplicação localizada do fertilizante nitrogenado numa só operação. Os mesmos autores, apontaram que a principal vantagem do uso destes sensores é de que os mesmos foram desenvolvidos para trabalharem sob condições de nebulosidade, associado ao fato de que se mostraram robustos para uso em operações de campo. Entretanto, também salientaram a necessidade de esforços de pesquisa no do desenvolvimento de algoritmos e de equipamentos que traduzam as leituras desses sensores em decisões práticas de manejo para a aplicação localizada e em tempo real de N.

Devido à inexistência no mercado de um equipamento com tais características, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o sistema desenvolvido para controlar a aplicação de fertilizante à taxa variada utilizando dados de sensores óticos como parâmetros para determinar as necessidades de nitrogênio a serem aplicados em tempo real. É um sistema cuja arquitetura de software é distribuída e permite editar e re-programar algoritmos de decisão.

1- Engenheiro Mecânico, Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Embrapa, São Carlos-SP, (16) 274-2477, ricardo@cnpdia.embrapa.br

2- , , , Post doc - USDA-ARS- SWCRU, Lincoln - NE-

3- , , , Research Technician - USDA-ARS- SWCRU, Lincoln - NE-

4- , , , Soil Scientist - USDA-ARS- SWCRU, Lincoln - NE-

5- , , , Physical Scientist - USDA-ARS- SWCRU, Lincoln - NE-

6- , , , Plant Physiol./Res Agron. - USDA-ARS- SWCRU, Lincoln - NE-

7- , , , Pesquisador Sênior, Embrapa Labex, Lincoln - NE, EUA-

8- , , , University of Nebraska - Lincoln, -

9- , , , Soil Scientist /Research Leader - USDA-ARS- SWCRU, , Lincoln - NE-

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho de construção de um controlador de aplicação de fertilizante que tem como um dos parâmetros de entrada diferentes comprimentos de ondas (nm) de luz refletidas pela plantas, percorreu as seguintes etapas: inicialmente foram estudados os requisitos necessários para o estabelecimento e operacionalização do sistema; foram realizados estudos entre os sinais dos sensores e de suas interfaces; foi projetada a arquitetura de funcionamento (sensor, processador e atuador), e foram realizados testes e simulações de funcionamento, considerando o tempo de resposta e a dose estabelecida pelo controlador de aplicação.

As máquinas aplicadoras de fertilizante foram o ponto de partida para a caracterizar os requisitos do sistema. Foram utilizados dois modelos de pulverizadores para a aplicação de fertilizante nitrogenado: o Spra-Coupe da AGCO ilustrado na (figura 1a) e o da JohnDeer na (Figura 1b). O Spra-Coupe por possuir quatro rodas e ser mais leve possui maior estabilidade e versatilidade. É um modelo também disponível no Brasil. Em contraste o modelo da JohnDeer por possuir três rodas, é menos estável, mas possui uma altura de vão maior que permite aplicar fertilizantes em estágio de desenvolvimento mais avançado da cultura. Portanto podem ser considerados complementares.

O controlador instalado originalmente em ambos modelos foi o SCS 440 da Raven Industries. É um controlador que pode ser considerado convencional. Suas funções básicas são de abrir e fechar válvulas de seção e ajustar vazão de acordo com a velocidade. O ajuste da taxa de aplicação é programável (interface serial RS-232) e o atraso à resposta ao comando de alteração da vazão pode chegar a 40 segundos (dependendo da amplitude de alteração da taxa). Esse atraso faz com que numa velocidade de um metro por segundo (3,6km/h) o sistema alcance vazão requerida somente após percorrer 40 metros.

Para alcançar um tempo de resposta da ordem de 100 ms, foram utilizadas um par de válvulas solenóides para escalonar em quatro taxas. Cada par aplicou duas linhas de plantio.

Os sensores óticos utilizados foram protótipos, fabricados por duas empresas, que ainda não estão disponíveis comercialmente no mercado.

Estes sensores utilizavam três tipos de protocolo de baixo nível (características mecânicas e elétricas): a porta serial RS-232; USB (Universal Serial BUS) e CAN (Controller Area Network). O fabricante que utilizava o USB disponibilizou o drive de software (para Linguagem C e para o LabView). Para o RS-232 havia dois protocolos: O primeiro era no formato ASCII padrão compatível com terminais Telnet e o segundo utilizava o protocolo proprietário, cujo fabricante disponibilizou a biblioteca fonte em VisualBasic. O protocolo CAN era compatível com a ISO 11783.

Foi utilizado o Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) modelo Ag DGPS-114 da Trimble. Comunicou-se pelo protocolo NEMA e porta RS-232.

Para análise do requisito, i.e, características desejadas durante o desenvolvimento do controlador e dos algoritmos, foram empregados alguns conceitos e terminologia da área de engenharia de software.

Os requisitos ou parâmetros considerados mais importantes foram:

- **Compatibilidade:** Buscou-se compatibilidade com máquinas, equipamentos, sensores e seus protocolos de comunicação. A compatibilidade tem como objetivo a integração de todos os elementos encontrados e utilizados no sistema.
- **Reversibilidade:** Procurou-se uma configuração que permitisse retornar ao modo de operação original de forma simples e rápida. Buscou-se priorizar a atividades agronômicas em andamento de modo que mesmo em caso pane o sistema convencional ainda estaria funcionando normalmente.
- **Modularidade e portabilidade:** Buscou-se sistema em módulos intercambiáveis tanto no ponto de vista de função como de equipamentos. Essa característica possibilitou que o sistema seja transferido de uma máquina para outra.
- **Maintainability (passível de manutenção):** Para que o sistema permitisse implementar novos algoritmos para testes, buscou-se ambientes amigáveis e intuitivos para que pudesse ser editado e re-programado com facilidade. Este fato exigiu que o sistema tenha uma documentação clara e disponha de ferramentas simples que permitam a expansão com outras interfaces e também que permita incorporar ações intuitivas (manejo manual do sistema pelo operador)..
- **Programmability (de programável):** A programmability é de uma certa forma consequência dos itens anteriores, porém destaca a intenção de não se depender de uma configuração rígida de hardware e de potencializar a possibilidade de configurar outros parâmetros e variáveis de controle através de modificações no software.

- Operabilidade: Como em situação real em campo não há equipamento de laboratório à disposição, buscou-se um sistema completamente operacional com ferramentas simples e portáteis, incluindo as operações de montagem e de desmontagem.

Levando-se em conta as características requeridas e sobretudo as interfaces apresentadas, o sistema escolhido foi um controlador montado a partir de computador portátil (modelo R505JSP VAIO da Sony), central multi-serial (conexão USB com o computador portátil para disponibilizar quatro RS-232), interface de I/O digital (FieldPoint da National Instrument) e interface CAN-USB da Systec.(Fig.2)

A ferramenta de programação escolhida para o desenvolvimento do sistema foi o LabVIEW da National Instrument devido à simplicidade na documentação entre outras características que auxiliam na mantenebilidade do sistema. Algumas rotinas que exigiram maior desempenho como drives de interface de comunicação com sistema CAN foram escritos em C++ utilizando ambiente Visual Net da Microsoft.



Figura 1a. Máquinas que foram implementados o sistema de controle de aplicação à taxa variada utilizando sensoriamento de alta resolução - modelo Spra-Coupe da AGCO

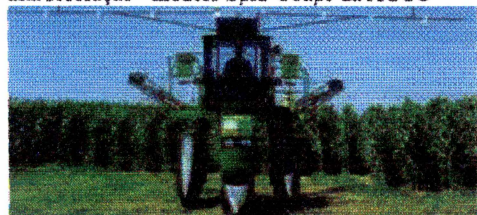


Figura 1b. Máquinas que foram implementados o sistema de controle de aplicação à taxa variada utilizando sensoriamento de alta resolução - modelo da JohnDeere



Figura 2a. Foto dentro da cabina do Spra-Coupe mostrando o computador portátil em ação

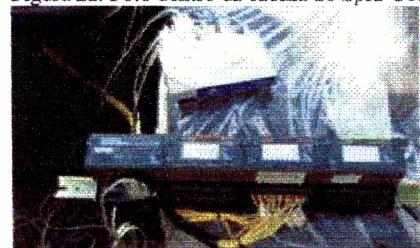


Figura 2b. Foto dentro da cabina do Spra-Coupe mostrando o FieldPoint conectado

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O diagrama do sistema resultante está ilustrado na Figura 3. Adicionalmente ao objetivo principal, foi instalado módulo para aplicação no controle baseando em um mapa de prescrição de nitrogênio para aumentar o potencial de uso desse sistema, visto que não haveria necessidade de complementar o hardware. O bloco 1 representa dados de prescrição em arquivo. Os blocos 2 e 3 processam os dados indicando o valor a ser aplicado no momento. Os blocos

4 e 5 representam sensores cujas leituras são enviadas ao controlador (bloco 6). O controlador toma esses dados, calcula de acordo com o algoritmo de tratamento e atualiza a taxa a ser aplicada. O bloco 7, a cada dois metros confere alteração na taxa a ser aplicada, ativa válvulas conforme a taxa prescrita e registra a taxa em aplicação. O bloco 9 representa os dados de aplicação armazenados para estudos posteriores.

Os tempos de resposta obtidos pelo sistema foram menores que 100 ms, medidos através de rotinas de repetição (looping). Esse sistema de controle pode ser utilizado para aplicações de outros tipos de insumos, devendo para isso alterar algumas interfaces de atuadores.

O resultado alcançado por esse trabalho e que o diferencia de outras arquiteturas é o caráter distribuído e não hierárquico da sua implementação. Cada bloco é um programa executável independente. Esses blocos se comunicam através de variável de visibilidade global. Essa arquitetura possibilita tratamento dos dados assíncronos enviados pelos sensores e ainda processá-los em tempo real, não havendo overhead da CPU causado por sincronismo forçado, típico de um sistema de controle centralizado. Ainda, sensores diferentes com formatos e taxas de aquisição diferentes podem ser acomodados no sistema através da troca desses blocos, sem alterar outros blocos nem o algoritmo de controle.

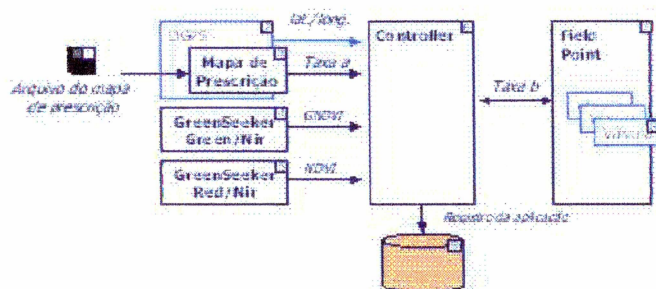


Figura 3. Diagrama em bloco dos módulos implementados no sistema

CONCLUSÕES: O sistema atendeu os requisitos levantados no início do projeto. É um sistema flexível e programável. A resolução de dois metros foi alcançada. Erros de um metro foi medida quando utilizado o sistema de aplicação através de prescrição e DGPS. Apesar do uso de uma linguagem gráfica para programação, um conhecimento básico de programação é ainda requerido para alterar algoritmos de controle. Certamente, o controlador desenvolvido não é apropriado para uso em sistema produtivo devido a equipamentos como note-book, porém o presente projeto abre possibilidade de construir unidades de pesquisa para estudo de aplicação de insumos em taxa variada com custo relativamente baixo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Bhatti, A.U., D.J. Mulla, and B.E. Frazier. 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and Thematic Mapper images. *Remote Sens. Environ.* 37:181-191.
- Francis, D.D; M.S. Schlemmer; J. S. Schpers; J. F. Shanahan and A. Luchiari, Jr. 2000. Use of Crop Canopy Reflectance Sensor to Assess Chlorophyll Content. *Agron. Abstr.* 92:277
- Luchiari Jr., A., R. Inamasu, G. E. França, E.C. Mantovani, R.L. Gomide, L. A. Correia, J. Shanahan and J. Schepers. Description and Performance of a Crop Canopy Reflectance Sensor for Nitrogen Management in Corn and Forage. 2001. Third European Conference on Precision Agriculture. June 18-20, 2001. Montpellier, France. Abstracts.
- Luchiari Jr. A., J. Shanahan, J. Schepers, D. Francis, M. Sclemmer, R. Inamasu, G. França, E. Mantovani and R. Gomide. 2002. Crop and Soil Based Approaches for Site Specific Nutrient Management. *Anais do XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo.* 01-05 Set. 2002. Florianópolis, SC. CDRoom
- Moran, M. S., Y. Inoue, and E. M. Barnes. 1997. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Rem. Sens. Environ.* 61:319.
- National Research Council (U.S.) (1997). "Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management," Rep. No. 59-0700-4-139, Washington, D.C.

Schepers, J.S., Blackmer, T.M., Wilhelm, W.W., Resende, M., Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants differing in nitrogen and water supply. J. Plant Physiology, n.148, 1996, p.523-529.

AGRADECIMENTOS: FAPESP e Universidade de Nebraska pelo apoio.
Projeto realizado pelo USDA/ARS e Embrapa.

Os nomes comerciais aqui citados, não implicam que são recomendados pela Embrapa ou pelo USDA-ARS.