

Bancada automatizada para ensaios e desenvolvimento de pulverizadores de agrotóxicos, aplicadores de fertilizantes líquidos e maturadores em culturas agrícolas sob manejo baseado em agricultura de precisão

Paulo E. Cruvinel^{1*}, Vilma Alves de Oliveira^{2*}, Kleber Romero Felizardo^{3*}, Heitor Vinicius Mercaldi^{3*}

¹ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil

² Professora Doutora, Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP, Brasil

³ Pós-graduando, Departamento de Engenharia, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: cruvinel@cnpdia.embrapa.br; vilma@sc.usp.br; heitor@usp.br; klerfe@sc.usp.br

Resumo: Neste trabalho é apresentada uma bancada automatizada que atua como um sistema de desenvolvimento para pulverizadores, aplicadores de fertilizante líquido e maturadores. O sistema de desenvolvimento possibilita o ensaio de bicos para a aplicação de tais insumos, bem como avaliação da qualidade de espectros das gotas e sua distribuição em diferentes velocidades, faixas e distancias dos alvos. Também, auxilia no desenvolvimento de modelos de decisão, tanto os de caráter teórico como os aplicados em função da dinâmica do tempo de resposta decorrente de diferentes tipos de injeção. O trabalho é de interesse para a agricultura de precisão, uma vez que possibilita avaliar em ambiente de simulação as diversas situações que podem ocorrer em campo, incluindo aplicação taxa variada e otimização do uso de aplicadores.

Palavras-chave: ambiente de simulação, espectro de gotas, fertilizante líquido, maturador, pulverização, sistema de desenvolvimento.

Automated bench for testing and development of herbicide sprayers, liquid fertilizer applicators and maturators in crops under management based on precision agriculture

Abstract: We present an automated bench that acts as a development system for sprayers, liquid fertilizer applicators and agricultural maturators. The development system allows the nozzles to the application of such inputs as well as assessing the quality of spectra of the drops and their distribution in different speed, ranges, and distance from the targets. It also helps the development of decision models, both of a theoretical as applied according to the dynamic response time due to different types of injection. The work is of interest for precision agriculture, because it allows the simulation environment to evaluate the various situations that may occur in the field, including variable rate application and optimization.

Keywords: agricultural maturator, drops spectrum, liquid fertilizer, simulation environment, spray, system development.

1. Introdução

A tecnologia de aplicação de insumos agrícolas ainda é pouco pesquisada no Brasil (MAGNO JUNIOR, 2008). Diante das exigências do mercado internacional, a tecnologia de aplicação deve atender parâmetros que possam agregar maior credibilidade e valor aos produtos agrícolas no mercado interno e no exterior, principalmente no que se refere à certificação e rastreabilidade. Assim como as aplicações de agrotóxicos realizadas atualmente nas áreas rurais do Brasil, aplicadores de fertilizantes líquidos e maturadores ainda caracterizam-se pelo alto desperdício de energia e produto, aliado à ineficiência dos resultados de controle. Por outro lado, o crescente aumento nos custos dos produtos químicos, da mão de obra e da energia, e a preocupação cada vez maior em relação aos impactos ambientais e sociais, têm realçado a necessidade de melhorias dos métodos, técnicas, processos e equipamentos, bem como dos procedimentos adequados baseados no uso das Boas Práticas (BPs) e de instrumentos que possam ser caracterizados por padrões metrológicos confiáveis.

As questões que envolvem calibração de equipamentos, novos equipamentos, bem como procedimentos e metodologias de aplicação destes insumos têm encontrado ao longo das últimas décadas uma série de soluções parciais, porém da mesma forma uma série de gargalos, problemas e demandas que continuam aguardando por respostas. O tema é complexo e envolve uma série de variáveis relacionadas à geografia, ao clima, à cultura a ser tratada, as espécies e a localização das plantas invasoras, bem como e principalmente dos métodos, processos, instrumentos e conhecimentos, os quais envolvem o acoplamento de várias áreas do conhecimento.

Os métodos disponíveis para análise de deposição destes insumos são sofisticados e caros. Por isto, alternativas têm sido experimentadas (DERKSEN; JIANG, 1995; JIANG; DERKSEN, 1995; CRUVINEL et al., 1999; TIAN; REID; HUMMEL, 1999; GARCIA et al., 2000; CHAIM et al., 2002; BRESSAN et al., 2008). A deposição de pulverização, por exemplo, pode ser determinada medindo o resíduo químico em

superfícies da planta ou no solo ou através da coleta das deposições em alvos artificiais simples, como papel hidrossensível. Dependendo do espectro de gotas considerado, método mais sofisticado como análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) podem ser requeridos, onde os resultados de volume depositado nos coletores ($\mu\text{L}/\text{m}^2$) são transformados em porcentagem de calda recuperada em relação ao volume total aplicado, sendo estabelecido intervalo e confiança para as quantificações.

Este trabalho apresenta um sistema de desenvolvimento que permite avaliar a qualidade da aplicação agrícola de insumos líquidos, tais como agrotóxicos, fertilizantes líquidos e maturadores, tanto para operação em modelo de manejo convencional ou em modelo de manejo baseado em Agricultura de Precisão, com possibilidade de análise do tempo de resposta, uniformidade da mistura, qualidade do espectro de gotas, variação de parâmetros como vazão, pressão e distância entre bicos e alvos de interesse, com automatização de modelos de decisão. Este sistema de desenvolvimento está instalado em uma infra-estrutura compartilhada entre a Embrapa Instrumentação e o Laboratório de Controle da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

2. Material e métodos

A Figura 1 mostra o diagrama básico do sistema de desenvolvimento projetado e seus módulos componentes. Pode-se notar que a localização dos sistemas de injeção dos bicos de aplicação podem ser arranjados conforme interesse específicos dos projetos que poderão estar sendo desenvolvidos para aplicação de agrotóxicos, maturadores ou mesmo fertilizantes líquidos.

Um sistema de bombas controladas é utilizado e com isto é possível controlar o fluxo do insumo a ser aplicado, o qual é diretamente proporcional à velocidade de rotação deste motor. Para este controle foi previsto o uso de um fluxômetro para regulação do fluxo. Toda esta estrutura (reservatórios, bombas, válvulas elétricas e fluxômetro) é montada em um painel á 150 cm

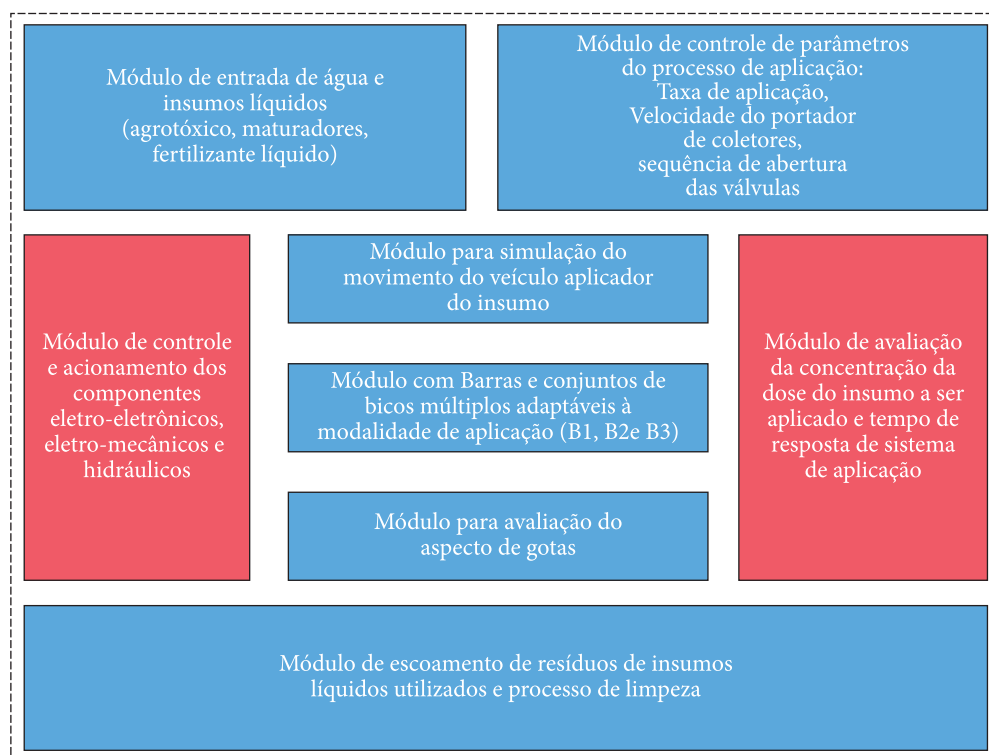


Figura 1. Vistas dos módulos do sistema de desenvolvimento em diagrama de blocos (CRUVINEL et al., 2010).

do chão. Foi dimensionado para trabalhar com até três seções de barras, B1, B2 e B3. As barras B1 e B2 conterão cada uma até 10 corpos de bicos múltiplos (5 saídas) podendo alojar as pontas de aplicadores de jato plano de faixa ampliada, ou outros. A barra B3 foi projetada para acomodar até três destes corpos de bicos múltiplos para testes de análise de espectros de gotas. As barras B1 e B2 têm os seus fluxos das pontas desviados diretamente para uma calha coletora. Deste modo, os respingos dos líquidos ejetados por estes bicos não poderão interferir nas análises de espectros de gotas. Tomando por base uma guia linear acionada por um motor elétrico de corrente contínua é possível simular a dinâmica envolvida no processo. Tal estrutura tem 100 cm de comprimento e 240 cm de largura, sendo útil para alojar papéis hidrossensíveis ou outros coletores com corantes. Também a altura desta estrutura é variável para permitir que a distância dos bicos aos coletores de gotas fique entre 50 a 70 cm. Uma unidade de controle é responsável pelo ajuste da velocidade do controle desta função no sistema de desenvolvimento. Desta maneira é possível variar a sua velocidade podendo ser considerada a faixa de 1 a 12 km/h. A bancada de desenvolvimento

possui uma estrutura para o painel de controle e uma estrutura para aplicação de insumos líquidos, ambas montadas em material metálico e revestidas por uma pintura eletrostática protegida contra ferrugem.

Este trabalho busca estruturar subsídios instrumentais para a implantação de um Laboratório para aplicações de insumos líquidos em processos agrícolas situado na Embrapa Instrumentação, o qual deverá ser utilizado como uma *facility* viabilizando o desenvolvimento de projetos em aplicação de agrotóxicos, maturadores ou fertilizantes em taxa variável, promover ambiente para orientações de alunos em parcerias com Universidades, bem como o desenvolvimento do setor.

3. Resultados e discussão

Um dos aspectos positivos que envolvem a construção de um sistema de desenvolvimento é a possibilidade de se projetar e preparar com otimizações um resultado experimental esperado. Nos dias de hoje a tendência de se usar instrumentação embarcada e sensores *on-the-go* em máquinas e implementos agrícolas

aumentou a complexidade dos projetos voltados ao desenvolvimento de equipamentos e as tecnologias convergentes estão levando os sistemas de teste a serem mais flexíveis. Sistemas de teste têm que ser adaptados às mudanças nos dispositivos ao longo do tempo, apesar das questões de custo envolvido e a demanda por sistemas com maior vida útil. Uma das poucas e eficientes formas de alcançar esses objetivos é através de uma arquitetura modular e definida por software, tomando por base inicialmente o conceito de máquinas virtuais e provendo opções de plataformas de hardware e de desenvolvimento de software que habilite controle como um sistema modular, permitindo testes automatizados.

A Figura 2 ilustra um exemplo de aplicação e uso do sistema de desenvolvimento em um projeto que visa à sistematização da aplicação de herbicidas a taxa variável usando sistema de injeção (FELIZARDO; CRUVINEL; OLIVEIRA, 2010; FELIZARDO, 2011). Neste desenvolvimento para a avaliação dos sistemas de controle foram realizadas simulações usando modelos híbridos para os fluxos de água e herbicida.

Para o sistema de desenvolvimento tem sido buscado o estabelecimento de um sistema de instrumentação e controle modular bem arquitetado, considerando um barramento com baixa latência e elevada largura de banda para

conectar módulos de instrumentos e sensores ao processador compartilhado de forma a realizar medições e ações de controle definidas pelo usuário. A estrutura modular empregada para o sistema de desenvolvimento traz em sua concepção o novo paradigma instrumental mencionado. Tal sistema de desenvolvimento tem hardware de medição, uma base para ensaios, fontes de alimentação, um barramento computacional, processadores baseados em FPGAs, bem como um sistema operacional e uma interface de usuário que se encontra em desenvolvimento. Pelo fato das abordagens em desenvolvimento de projetos usarem componentes básicos, a finalização fica muito mais vinculada à capacidade criativa de como hardware e os componentes de software são combinados para uma determinada aplicação agrícola. O sistema de desenvolvimento atua como um instrumento virtual definido por uma arquitetura que torna os dados brutos adquiridos pelo hardware disponíveis ao usuário para definir suas próprias medições, aplicações e o como fazer.

O software no sistema de desenvolvimento modular converte o fluxo de bits do hardware em uma medição ou ação de controle útil ao processo considerado. Aliás, busca-se considerar múltiplas camadas de software, incluindo *drivers* de entrada e saída para o acoplamento à leitura de mapas georeferenciados ou mesmo por câmeras para

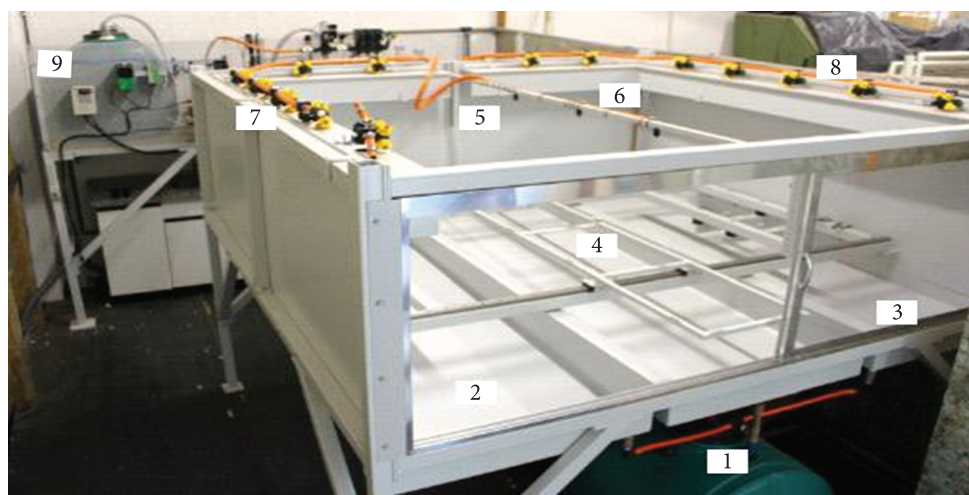


Figura 2. Vista frontal do sistema de desenvolvimento sendo utilizado para especificações de uma aplicação em aplicações de herbicidas, onde podem ser vistos: 1) reservatório de coleta de herbicidas utilizados; 2) uma das três calhas inferiores, 3) porta de correr de policarbonato; 4) sistema de deslocamento com velocidade ajustável para alojamento de papéis hidrossensíveis; 5) um lado do sistema de ajuste de altura da barra B3; 6) a barra B3; 7) a barra B1; 8) a barra B2; 9) painel de controles com detalhes instrumentais eletro-eletrônico e eletro-mecânico.

operação em tempo real, de forma a viabilizar elementos para aplicação e gerenciamento de teste, tanto para agrotóxicos como para maturadores e fertilizantes líquidos.

4. Conclusões

A organização de um sistema de desenvolvimento para aplicadores de insumos líquidos para o ambiente agrícolas encontra grande interesse na agricultura, em particular para o manejo baseado em Agricultura de Precisão. O Sistema de Desenvolvimento apresentado possibilita o desenvolvimento e ensaios sob condições controladas ou ainda o ajuste de parâmetros que envolvem todo o processo de aplicação de insumos líquidos em um ambiente de simulação experimental. Uma vez ajustados os parâmetros de interesse o desenho instrumental pode ser estabelecido ou mesmo embarcado para fins agrícolas. Tal facilidade auxilia e subsidia os detalhamentos hidráulico, elétrico, eletrônico e mecânico de aplicadores de insumos agrícolas, os quais podem influenciar na qualidade do espectro das gotas, tempo de resposta dos sistemas de injeção dos insumos, uniformidade da mistura da calda formulada segundo os receituários agrônômicos, bem como inferir novos modelos de bicos e sistemas de aplicação.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa e a EESC-USP pelo apoio à parceria no âmbito da Rede em Agricultura de Precisão (Macro Programa 1, Processo: 01.09.01.002.01) e de projeto apoiado pelo CNPq (Processos: 306988/2007-0, 479306/2008-7 e 143452/2008-8).

Referências

BRESSAN, G. M.; KOENIGKAN, L. V.; OLIVEIRA, V. A.; CRUVINEL, P. E.; KARAN, D. A classification methodology for the risk of weed infestation using fuzzy logic. **Weed research**, v. 48, p. 470-479, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00647.x>

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; CAMARGO NETO, J.; HERMES, L. C. Comparison of microscopic method and computational program for pesticide deposition evaluation of spraying. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 493-496, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400010>

CRUVINEL, P. E.; VIEIRA, S. R.; CRESTANA, S.; MINATEL, E. R.; MUCHERONI, M. L.; TORRE-NETO, A. Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution. **Computers and Electronics in Agriculture**, p. 205-217, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00043-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00043-5)

CRUVINEL, P. E.; OLIVEIRA, V. A.; FELIZARDO, K. R.; MERCALDI, H. V.; GODOY, L. A.; OSTE, R.; GOTARDI, M. A. **Sistema de Desenvolvimento para ensaios de pulverizadores de agrotóxicos, aplicadores de fertilizantes líquidos e maturadores em culturas agrícolas sob diferentes sistemas de manejo**. INPI Depósito de Patente Requerida, 2010.

DERKSEN, R. C.; JIANG, C. Automated detection of fluorescent spray deposits with a computer vision system. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 6, 1647-1653, 1995.

FELIZARDO, K. R. **Sistema de aplicação de herbicidas à taxa variável usando sistema de injeção**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

FELIZARDO, K. R.; CRUVINEL, P. E.; OLIVEIRA, V. A. **Bancada didática para avaliação de sistemas de injeção direta de herbicidas agrícolas de interesse em Agricultura de Precisão**. CONBAP, 2010.

GARCIA, L. C.; ZENY, E. P.; FÁVERO, A. L. F.; JUSTINO, A.; PURÍSSIMO, C.; CANTERI, M. G. C. **Avaliação da qualidade e eficácia de pulverização de um herbicida sistêmico com uso de software para análise de cartões hidrossensíveis**. Ponta Grossa: InfoAgro, 2000.

JIANG, G.; DERKSEN, R. C. Morphological image processing for spray deposit analysis. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 5, p. 1581-1591, 1995.

MAGNO JUNIOR, R. G. **Desenvolvimento de sistema eletrônico para pulverização e atração de gotas em plantas cítricas**. 2008. 66f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

TIAN, L.; REID, J. F.; HUMMEL, J. W. Development of a precision sprayer for site-specific weed management. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 4, p. 893-900, 1999.