

Robótica na agricultura de precisão^{**}

Rubens Andre Tabile^{1*}, Ricardo Y. Inamasu^{2*}, Arthur José Vieira Porto^{3*}

¹ Doutorando, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo - USP

² Pesquisador Embrapa Instrumentação

³ Professor Titular, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo - USP

*e-mail: rubens.tabile@gmail.com; ricardo@cnpdia.embrapa.br; ajporto@sc.usp.br

**Financiamento concedido pela FINEP, chamada MCT/FINEP/CT-AGRO –

Agricultura de Precisão 01/2008

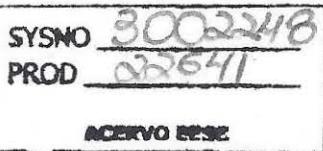
Resumo: Estudos em robótica e sistemas autônomos voltados para aplicações agrícolas é um tópico pivotal na pesquisa em Agricultura de Precisão dos últimos anos. A multidisciplinaridade que atualmente envolve esse tópico gera a necessidade da discussão do seu processo de desenvolvimento e implementação, a fim de se compreender as necessidades do sistema como um todo e não somente focar em problemas pontuais. Desta forma, o objetivo desse trabalho é descrever os principais desafios encontrados para a implementação de sistemas robóticos no ambiente agrícola e quais as expectativas futuras.

Palavras-chave: aquisição de dados, ISOBUS, sensores.

Robotics on precision agriculture

Abstract: Researches in robotics and autonomous systems for use in agriculture is one of the pivotal topics related with Precision Agriculture in the last years. The multidisciplinarity which recently involves this topic generates the discussion need of the development and implementation process in order to understand the whole system needs and not only focus in specific issues. In reason that, the objective of this paper is to describe the main challenges to the implementation of the robotics systems in the agricultural environment and the futures expectative.

Keywords: data acquisition, ISOBUS, sensors.



1. Introdução

Antes de iniciar o estudo sobre robótica agrícola, é necessário entender como a automação de sistemas e o uso de tecnologia de informação está presente setor agrícola. Basicamente, podemos dizer que estes tópicos, assim como uma série de outros, contribuem para formar o sistema de manejo conhecido como Agricultura de Precisão (AP). Esta deve ser vista como um conjunto de tecnologias e procedimentos utilizados para que o sistema de produção agrícola seja otimizado, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e de fatores relacionados (MOLIN, 2001). Para isto, os membros envolvidos com o seu desenvolvimento e uso precisam utilizar uma vasta quantidade de dados, que por sua vez, são oriundos de múltiplas fontes, para realizar as tarefas de tomadas de decisão (MCBRATNEY et al., 2005). Isto resulta em um método gerencial com caráter multidisciplinar, pois incorpora diversas áreas da ciência como, engenharias, geoestatística, ciências biológicas, ciências da computação entre outras (SRINIVASAN, 2006; PEREIRA, 2008). A multidisciplinaridade faz com que diversos métodos, baseados em distintas áreas da ciência, sejam desenvolvidos visando uma mesma aplicação. Da mesma forma, uma determinada tecnologia não fica restritamente comprometida em melhorar uma única prática, mas pode ser empregada em múltiplas situações, auxiliando no processo como um todo. Devido ao processo contínuo de evolução das áreas que englobam a Tecnologia da Informação, tais como, microeletrônica, sensores, computadores, telecomunicações, o avanço da tecnologia é constante e novas ferramentas continuam a ser desenvolvidas e testadas (GOZDOWSK; SAMBORSKI, 2007). Assim sendo, a dinâmica deste processo possibilita que, uma determinada prática ou tecnologia que era inviável tecnicamente ou economicamente torne-se viável com o resultado de pesquisa e desenvolvimento de áreas não agrícolas.

Diversos autores como Schellberg et al. (2008), Lee et al. (2010), Ahamed et al. (2011), Aqeel ur et al. (2011) fizeram revisões bibliográficas mostrando os principais tópicos alvos de pesquisas. Dentre

as variáveis agrícolas destacam-se produtividade, propriedades físicas e químicas do solo, nutrição vegetal, volume vegetal, biomassa, conteúdo de água, pragas (doenças, plantas invasoras, insetos). Os recursos utilizados para obter dados que possam ser correlacionados com estas variáveis são vastos e incluem sensores espalhados no campo, espectrorradiômetros, visão de máquina, sensoriamento remoto aéreo multiespectral e hiperespectral, imagens de satélite, imagens térmicas, redes de dados, entre outros.

Em função das inovações expostas anteriormente, constata-se o crescimento da demanda de especialistas para operar instrumentos complexos nas operações de aquisição massiva de dados. Por ser um recurso escasso no Brasil, os poucos especialistas aptos, devem atuar de forma otimizada em atividades chaves, evitando demandar tempo em operações repetitivas e exaustivas no campo. Além disto, a escala amostral desejável em confronto com a extensão da atual área agricultável, torna esta tarefa estafante. Uma das alternativas que merece destaque é o uso de sistemas autônomos para coleta de dados.

Neste ponto é interessante fazer um comparativo entre os objetivos do uso de sistemas autônomos no Brasil e na Europa, Japão ou Estados Unidos. A grande diferença é que nesses países, ao contrário do Brasil, a mão de obra especializada não é um problema e, muitas vezes as operações são realizadas pelo proprietário ou membros da família. Assim, a automação de tarefas vem no sentido de trazer conforto e redução da jornada de trabalho. Além disso, por ser considerado um setor estratégico, o governo fornece subsídios aos produtores (FIGUEIREDO et al., 2010) a fim de garantir a produção e barrar a entrada de produtos importados. O acesso a tecnologia também é um fator determinante, pois essa geralmente tem um valor inferior ao praticado no Brasil. No Brasil, os sistemas autônomos vêm para suprir a carência de profissionais frente a demanda crescente, além de servir como laboratório para desenvolvimento de tecnologia nacional.

Dentre as áreas de pesquisas de sistemas autônomos uma que se enfatiza é a área de veículos não tripulados. Robôs móveis foram desenvolvidos

e podem operar autonomamente em diferentes ambientes, tais como no ar, água e no espaço externo. Existe um aumento contínuo no interesse de pesquisas sobre veículos terrestres não tripulados, especialmente para uso nas áreas militar, agrícola e transporte terrestre. Avanços nas áreas de tecnologias de sensoriamento tais como: Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System – GPS*); capacidade computacional; miniaturização de eletrônica; algoritmos inteligentes para planejamento e controle, e também avanços nos projetos mecânicos, possibilitam realizar operações autônomas reais para aplicações usando veículos terrestres não tripulados como visto em Yao et al. (2009) e Moore e Flann (2000).

Salienta-se que em projetos de veículos não tripulados não existem limitações no que concerne ao espaço destinado ao operador do veículo, caso este fosse tripulado. A eliminação do espaço destinado ao operador do veículo pode promover a atribuição de novas características que podem ser incorporadas ao projeto de estrutura destas máquinas, como, por exemplo, configuração de rodas, formato, tamanho, peso, potência, entre outros. Apesar do potencial de maior liberdade de projeto, na literatura pode-se encontrar trabalhos que buscam adaptar máquinas agrícolas comerciais em plataformas agrícolas autônomas (veículos autônomos ou robôs móveis autônomos) e, também, trabalhos em que plataformas são construídas especificamente para serem veículos autônomos ou robôs agrícolas.

No segundo caso, identifica-se dois desafios: desenvolver uma estrutura física adequada ao ambiente agrícola e que atenda as necessidades da aplicação desejada; e desenvolver uma arquitetura eletrônica para integrar os diversos dispositivos presentes em sistemas como esses, bem como permitir sua expansão através da inserção de novos dispositivos. O objetivo desse trabalho é descrever os principais desafios encontrados para a implementação de sistemas robóticos no ambiente agrícola e quais as expectativas futuras.

2. Material e métodos

A tentativa de predizer o que vai acontecer no futuro é notoriamente difícil e propensa a erros. No campo da tecnologia essa tarefa toma proporções ainda maiores, devido a elevada velocidade de mutação dessa área, e até nomes renomados já cometem enganos. Baseado em outros setores industriais, como automobilístico, têxtil, mineração, eletrônica entre tantos outros que já fazem uso de sistemas autônomos e robóticos para realização de tarefas repetitivas e ou perigosas, espera-se que o agrícola também passe por uma transformação nesse sentido. Este artigo busca dar uma visão geral sobre o processo para desenvolvimento de um robô móvel para aplicação agrícola. Para isto, são listadas algumas etapas que devem ser observadas no processo de criação bem como trabalhos relacionados com o tema.

3. Resultados e discussão

O primeiro passo é a identificar a função de um robô móvel. Esta pode ser descrita como o sensoriamento inteligente das sequências de tarefas de tomada de decisão e atuação (JONES; FLYNN; SEIGER, 1998). Aqui, dependendo da complexidade do procedimento de sensoriamento e atuação, vários níveis de tarefas computacionais são empregadas, variando de microprocessadores com simples estruturas de controle reativo até estruturas complexas com sistemas deliberativos (ARKIN, 1998; OREBÄCK; CHRISTENSEN, 2003) ou ainda os altamente populares sistemas híbridos, que são uma combinação dos dois (ARKIN, 1998; OREBÄCK; CHRISTENSEN, 2003; YAVUZ, 1999). Conforme o exposto anteriormente, a eminent necessidade de sistemas autônomos tem incentivado a realização de pesquisas nesta área. Contudo, o escopo das pesquisas foca no desenvolvimento individual do projeto de cada robô, e não nas necessidades da agricultura em relação aos robôs. Segundo Blackmore et al. (2007), esta condição faz com que os projetos de robôs não atinjam o nível máximo de qualidade possível. Assim, uma das técnicas que pode ser aplicada é a análise sob múltiplas perspectivas, possibilitando uma visão sistêmica dos pontos fortes e fracos do projeto. São

citadas oito perspectivas que devem ser abordadas no processo de desenvolvimento: segurança, energia, economia, meio ambiente, gerenciamento, mecanização, tecnologia e sociedade.

No que tange ao sistema móvel em si, estes precisam superar problemas relacionados à limitação de recursos computacionais e alimentação, devido a restrições relacionadas com a mobilidade do sistema. Recorrente a este aspecto, o desafio é projetar esses complexos sistemas com configuração móvel com baixo consumo de energia, mantendo o alto poder computacional requerido. Para esclarecer este ponto, Yavuz (2007) verificou, com base em resultados provenientes de uma análise de causa-efeito, as interações existentes no sistema de um típico robô móvel autônomo.

A análise ilustra que fatores de projeto geram complexas relações de causa e efeito, consequentemente resultando em conflitos. É importante ressaltar que cada função adicionada ao sistema aumenta sua complexidade geral, uma vez que cada função requer, de alguma forma, módulos de hardware e software, bem como alimentação adicional, tornando o projeto mais difícil. Um bom projeto depende de um equilíbrio entre os fatores como custo, tamanho, alimentação, desempenho e complexidade, com as funções requeridas. Assim, é necessária uma metodologia sistemática para a concepção, desenvolvimento e integração de sistemas nos diversos estágios do processo de desenvolvimento.

Outro ponto a ser considerado são os recursos que serão disponibilizados para o usuário. O uso de ferramentas de tomada de decisão para projetos como o QFD e o Modelo Kano são alternativas interessantes, com resultados positivos em diversas outras áreas. Um estudo dos parâmetros de projeto e das necessidades do cliente para o projeto de um robô agrícola foi desenvolvido por Sørensen et al. (2006, 2007, 2008, 2010) e uma análise para uma aplicação no Brasil foi feita por Arietti Junior (2010). Os autores simulam a aplicação da ferramenta QFD ao projeto de um robô agrícola móvel. A aplicação seguiu o modelo apresentado por Chan e Wu (2005). Ao longo das publicações dos

estudos, novas comparações e conclusões foram apresentadas. O resultado é um quadro ilustrando quais fatores causam mais impacto no produto final e quais podem ser relevantes. Cita-se como exemplo que a necessidade de uma plataforma que seja capaz de receber módulos específicos para cada tarefa é mais importante que a aparência ou usar energia renovável.

Por ser um processo que ainda está em fase de desenvolvimento é difícil fazer previsões econômicas. Principalmente no Brasil que se pretende suprir uma deficiência, não se tem parâmetros comparativos. Alguns trabalhos como Blackmore e Griepentrog (2002), Blackmore et al. (2005), Pedersen et al. (2005, 2006) trazem comparativos econômicos entre sistemas automatizados e tradicionais. Observa-se que o sistema automatizado tem o custo de instalação superior ao sistema convencional, entretanto, o custo operacional compensa esse investimento inicial apresentando uma tendência de ganho econômico durante a vida útil do produto. Salienta-se que, a medida que a demanda de uma tecnologia aumenta, seu custo total diminui, seja pela diluição do investimento gasto no desenvolvimento da tecnologia, como o decréscimo do custo de produção. Outro ponto que se deve levar em consideração é a resistência intrínseca existente nesse setor por parte dos agricultores às mudanças na forma de manejo praticadas. Além disso, há a necessidade do entendimento que a automação não é uma solução imediatista a determinada carência ou problema, mas parte de um processo gerencial.

4. Conclusões

A multidisciplinaridade e os avanços tecnológicos que passam a envolver as novas práticas agrícolas abrem a oportunidade para inserção de sistemas autônomos no campo. Esse por sua vez, deve ser interpretado como uma ferramenta de auxílio que irá compor e incrementar o sistema de manejo e não como uma solução isolada e imediatista.

Referências

- AHAMED, T.; TIAN, L.; ZHANG, Y.; TING, K. C. A review of remote sensing methods for biomass feedstock production. *Biomass and Bioenergy*, v. 35, n. 7, p. 2455-2469, 2011.
- AQEEL UR, R.; ABBASI, A. Z.; ISLAM, N.; SHAIKH, Z. A. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, In Press, 2011.
- ARIETTI JUNIOR, A. M. Análise dos requisitos da qualidade em projetos de robôs agrícolas. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- ARKIN, R. C. *Behavior-based robotics*. London: MIT Press, 1998. 491 p.
- BLACKMORE, S.; GRIEPENTROG, H. W. A future view of precision farming. In: PREAGRO PRECISION AGRICULTURE CONFERENCE, 2002, Muncheberg. *Proceedings...* Muncheberg: Center for agricultural landscape and land use research - ZALF, 2002. p. 131-145.
- BLACKMORE, S.; GRIEPENTROG, H. W.; FOUNTAS, S.; GEMTOS, T. A. A Specification for an Autonomous Crop Production Mechanization System. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, v. 9 n. PM 06 032, 2007.
- BLACKMORE, S.; STOUT, B.; WANG, M.; RUNOV, B. Robotic agriculture the future of agricultural mechanisation. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005, Uppsala. *Proceedings...* Uppsala, Sweden: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 621-628.
- CHAN, E. K.; WU, M. L. A Systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. *The International Journal of Management Science of Computer Programming*, v. 33, n. 2, p. 119-139, 2005.
- FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. I. D.; OLIVEIRA, M. A. S.; CAMPOS, A. C. Impactos dos subsídios agrícolas dos Estados Unidos na expansão do agronegócio brasileiro. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 40, p. 445-467, 2010.
- GOZDOWSK, D.; SAMBORSKI, S. Book Reviews - Precision agriculture. *Communications in Biometry and Crop Science*, v. 2, p. 90-94, 2007.
- JONES, J. L.; FLYNN, A. M.; SEIGER, B. A. *Mobile robots: inspiration to implementation*. Natick: A. K. Peters, 1998.
- LEE, W. S.; ALCHANATIS, V.; YANG, C.; HIRAFUJI, M.; MOSHOU, D.; LI, C. Sensing technologies for precision specialty crop production. computers and electronics in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 74, n. 1, p. 2-33, 2010.
- McBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T.; BOUMA, I. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, v. 6, n. 1, p. 7-23, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>
- MOLIN, J. P. *Agricultura de Precisão - O Gerenciamento da Variabilidade*. Piracicaba, 2001. v. 1.
- OREBACK, A.; CHRISTENSEN, H. I. Evaluation of Architectures for Mobile Robotics. *Autonomous Robots*, v. 14, n. 1, p. 33-49, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020975419546>
- PEDERSEN, S. M.; FOUNTAS, S.; HAVE, H.; BLACKMORE, B. S. Agricultural robots: an economic feasibility study. *Precision Agriculture*, p. 589-596, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-006-9014-9>
- _____. Agricultural robots-system analysis and economic feasibility. *Precision Agriculture*, v. 7, p. 295-308, 2006.
- PEREIRA, R. R. D. *Protocolo ISO 11783: procedimentos para comunicação serial de dados com o Controlador de Tarefas*. 2008. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- SCHELLBERG, J.; HILL, M. I.; GERHARDS, R.; ROTHMUND, M.; BRAUN, M. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*, v. 29, n. 2-3, p. 59-71, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2008.05.005>
- SØRENSEN, C. G.; JØRGENSEN, R. N.; MAAGAARD, I.; BERTELSEN, K. K.; DALGAARD, L.; NORREMARK, M. User-centered and conceptual technical guidelines of a plant nursing robot. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2008, Providence. *Proceedings...* Providence, Rhode Island: ASABE, 2008.
- _____. Conceptual and user-centric design guidelines for a plant nursing robot. *Biosystems Engineering*, v. 105, n. 1, p. 119-129, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.10.002>
- SØRENSEN, C. G.; JØRGENSEN, R. N.; PEDERSEN, J. M.; NORREMARK, M. HortiBot: Application of Quality Function Deployment (QFD) Method for Horticultural Robotic Tool Carrier Design Planning - Part II. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2006, Portland. *Proceedings...* Portland, Oregon: ASABE, 2006. p. 1-12.
- SØRENSEN, C. G.; NORREMARK, M.; JØRGENSEN, R. N.; JENSEN, K.; MAAGAARD, I.; JENSEN, L. A. Hortibot: Feasibility study of a plant nursing robot performing weeding operations - part IV. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2007, Minneapolis. *Proceedings...* Minneapolis: ASABE, 2007.

- SRINIVASAN, A. *Handbook of precision agriculture: principles and applications*. Binghamton: Food Products Press, 2006. 683 p.
- YAO, L.; LI, L.; ZHANG, M.; MINZAN, I. Automatic Guidance of Agricultural Vehicles Based on Global Positioning System. *IPIP International Federation for Information Processing*, v. 187, p. 617-624, 2005. http://dx.doi.org/10.1007/0_387_29295_0_67
- YAVUZ, H. Conceptual design and development of an autonomous mobile robot. 1999. Tese (Doutorado)-University of Lancaster, Lancaster, 1999.
- _____. An integrated approach to the conceptual design and development of an intelligent autonomous mobile robot. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 55, n. 6, p. 498-512, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2006.12.010>