

CONSIDERAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA A SISTEMATIZAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NO PROJETO DA MÁQUINA AGRÍCOLA

Vinicius K. MARINI¹, Leonardo N. ROMANO², Arno U. DALLMEYER³

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

¹ Eng. Mecânico, Mestrando em Engenharia Agrícola, PPGEA/CCR/UFSM, Santa Maria/RS.
Fone: (0xx55) 3220-8345, marinivk@gmail.com

² Eng. Mecânico, Prof. Adjunto, Departamento de Eng. Mecânica/CT/UFSM, Santa Maria/RS

³ Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Eng. Mecânica/CT/UFSM, Santa Maria/RS

RESUMO: Os fatores de influência no projeto de uma máquina agrícola (MA) configuram-se, a partir da fase de projeto informacional, em referência importante para o prosseguimento do desenvolvimento da máquina agrícola. Este trabalho objetiva apresentar considerações fundamentais que servem de base para a criação de um modelo sistemático que propicie o armazenamento organizado de informações para aproveitamento ao longo do processo de desenvolvimento da MA. Para a consecução de tal objetivo, foi realizado um levantamento bibliográfico de referências de conhecimento em projeto de máquinas agrícolas e em mecanização agrícola, tendo por base as considerações da tarefa de levantamento dos fatores de influência no projeto, definida no modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Resultou deste trabalho a classificação desses fatores em quatro grupos, que incluem: (1) a definição exata do conjunto de entregas do desenvolvimento da MA, bem como dos objetivos estratégicos que determinam esse processo; (2) o armazenamento organizado de informações sobre as MA existentes no mercado; (3) a consideração de todas as restrições legais e técnicas para a homologação da MA; e, (4) a caracterização da tarefa executada pela MA, dos agentes envolvidos e das condições ambientais dos processos executados.

PALAVRAS-CHAVE: Máquina agrícola, desenvolvimento, projeto informacional

FUNDAMENTAL CONSIDERATIONS FOR THE SYSTEMATIZATION OF INFLUENCING FACTORS ON AGRICULTURAL MACHINERY DESIGN

ABSTRACT: *The influencing factors on an agricultural machine design consist, from the informational design phase, in an important reference for the agricultural machine (AM) development progress. This work aims to present fundamental considerations for building a basis for the creation of a systematized model which allows the organized recording of information for use throughout the AM development process. In order to accomplish this goal, a bibliography survey of knowledge references on agricultural machine design and on agricultural mechanization was undertaken, taking as basis the current considerations of the survey of influencing factors upon the design process, defined in the reference model for the agricultural machine development process. From this work, the attained result is the classification of those factors in four groups, that include: (1) the exact definition of the set of design deliverables as well as the project deliverables that drive such process; (2) the organized recording of information upon performance and configuration of current AM solutions in the market; (3) the consideration of all established constraints which define mandatory aspects for the AM homologation and certification; and, (4) the characterization of the AM task, its involved agents, its environmental and physical conditions and its execution processes.*

KEYWORDS: *Agricultural machine, development, informational design*

INTRODUÇÃO: De acordo com Romano (2003), os fatores de influência no projeto de uma máquina agrícola são obtidos a partir de um conjunto de análises sobre diferentes elementos. Em direção ao

conhecimento de tais elementos, Mialhe (1974) caracteriza a operação agrícola e apresenta informações sobre a configuração do ambiente operacional, quanto à sua configuração, ao clima e às funções e movimentos que devem ser executados. Em trabalho posterior (Id., 1996), apresenta também algumas linhas-guia para a satisfação destas condições. Juntamente com outros autores, propõe metodologias de caracterização do ambiente e dos elementos envolvidos nas operações agrícolas, levando em conta as condições específicas da função, dos materiais envolvidos e dos processos correntemente executados. Segundo o autor, o espécime (MA) deve ser adequadamente reconhecido e caracterizado para fins de individualização em procedimentos de ensaio. As metodologias então propostas oferecem condições para a inferência de parâmetros importantes de comparação entre máquinas agrícolas a partir de avaliações de desempenho. Alonço (2004) propõe ferramentas para a consideração de instrumentos legais e normativos no projeto da MA com foco na segurança, apresentando inclusive um banco de dados que contém informações pertinentes a essas disposições. Tais informações são fundamentais como ponto de partida para a caracterização do conjunto de necessidades e restrições que devem ser atendidas pela MA em projeto, de forma que sejam incorporadas ao processo de desenvolvimento e adequadamente consideradas em seu decurso. Caso isso não aconteça, é grande o risco de que a máquina projetada sequer atenda às necessidades dos clientes de sua utilização, bem como às restrições estabelecidas para o desempenho adequado e a proteção da integridade humana. Segundo Mialhe (1996), tal condição, revelada na forma de falhas e acidentes, traz consequências danosas para o fabricante em termos econômicos e mercadológicos. Essas consequências podem incluir: custos de assistência técnica; retrabalhos de projeto; processos de responsabilização civil e criminal; e, danos à imagem, entre outros.

MATERIAL E MÉTODOS: A realização desta pesquisa exploratória requer a reunião de um grande conjunto de informações em vários aspectos do desenvolvimento de máquinas agrícolas. Por conta disso, foi necessário realizar um levantamento da bibliografia especializada nas linhas de projeto de máquinas agrícolas e de mecanização agrícola. As informações relativas à prática do projeto de engenharia se constituem em conhecimento pertinente a um conjunto de práticas organizado em metodologias de projeto, conforme pode ser observado nos exemplos de Romano (2003) e Alonço (2004). As informações relacionadas à execução das operações agrícolas e à utilização e/ou avaliação de desempenho de máquinas agrícolas, empíricas e/ou parcialmente sistematizadas, foram encontradas a partir de exemplos propostos em Mialhe (1974, 1996), Milan e Gadanha Jr. (1996) e Coelho (1996). Em conjunto com trabalhos dessas duas vertentes foi feito o exame de trabalhos caracterizados pela execução de práticas de projeto sistemático de MA's, com a implementação de metodologias de projeto de engenharia, como os trabalhos de Reis (2003) e Menegatti (2004). De acordo com Kepner et al. (1972), projetar uma MA traz mais desafios à habilidade do engenheiro do que qualquer outro campo da engenharia. Ainda, esta deve desempenhar uma função de forma satisfatória em grandes faixas de variação de um número considerável de variáveis. Depreende-se daí que conhecer o escopo do problema em agricultura mecanizada, somente, já é um desafio considerável. Tratando-se de um processo que inclui uma grande variedade de informações em um grau de complexidade elevado, foi feita nestes trabalhos uma análise preliminar para a verificação das abordagens correntes de agregação dos fatores de influência no projeto ao desenvolvimento de máquinas agrícolas. As informações processadas foram então selecionadas através da comparação de seu teor com as prescrições colocadas na atividade de levantamento dos fatores de influência no projeto contida no modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (MR-PDMA), proposto por Romano (2003). Esse modelo é organizado por atividades, as quais devem ser definidas de acordo com as seguintes informações: as entradas (necessárias à execução da tarefa); a atividade propriamente dita; as tarefas que devem ser executadas para seu cumprimento; os domínios de conhecimento envolvidos; os mecanismos utilizados para sua execução (na forma de métodos e/ou ferramentas), os controles necessários à validação e à confirmação dos resultados; e o conjunto total de informações que compõe os resultados da atividade, a saída obtida. Tal organização, hierarquizada em atividades e tarefas, permitiu o reagrupamento das tarefas em quatro categorias diferentes para essa atividade. Este agrupamento foi realizado em acordo com a origem e o teor das informações obtidas na atividade, conforme observado na planilha do MR-PDMA, tomando por base as informações coletadas nos trabalhos analisados. Essas categorias consistem em: (1) informações relativas ao escopo do projeto de desenvolvimento da MA; (2) informações pertinentes à análise das soluções existentes no mercado de

MA; (3) informações relativas ao conjunto de restrições para a homologação da MA nos mercados pretendidos; e (4) informações pertinentes ao estudo da operação agrícola e das funções necessárias à MA para sua execução.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Tal processo compõe a primeira etapa do processo de sistematização dos fatores de influência no projeto da MA. Dadas quatro categorias de tarefas pertinentes à atividade de definição dos fatores de influência no projeto, torna-se facilitada a colocação de diretrizes para sua execução em um processo real para o desenvolvimento de uma MA. Essa divisão em categorias facilitou a associação das informações obtidas na pesquisa aos processos pertinentes na definição dos fatores de influência no projeto da MA. O primeiro grupo de informações compõe aquelas originadas da declaração de escopo (abrangência) do projeto de desenvolvimento da MA. O MR-PDMA designa tal tarefa como “analisar a declaração de escopo do projeto e a estrutura de decomposição do projeto”. Nesse aspecto em particular, PMI (2000) determina um formato específico para a declaração do escopo do projeto. Esse formato inclui: (1) a justificativa do projeto, baseada nas necessidades do mercado e nos objetivos estratégicos da organização empreendedora, que compõem a chamada “necessidade de negócio”; (2) a descrição objetiva do produto a ser desenvolvido – neste caso, uma MA; (3) a lista de entregas do projeto, um conjunto de subprodutos cuja entrega demarca sua conclusão; e (4) os objetivos do projeto, metas quantificáveis a serem atingidas para a consecução do sucesso do projeto. Para delimitar e caracterizar a justificativa do projeto, é importante revisar as informações contidas no planejamento de marketing, executado na macrofase de planejamento do projeto (ROMANO, 2003), principalmente aquelas relacionadas ao tamanho do mercado e às oportunidades de crescimento. Mialhe (1996) propõe uma metodologia para individualização do espécime com foco no ensaio de máquinas agrícolas. Tal procedimento, adequadamente configurado, estabelece critérios de comparação que facilitam a tomada de decisão pelos clientes de utilização da MA. A obtenção de respostas objetivas a tais questões ajuda não só para a descrição do produto a ser desenvolvido, como também para a delimitação da lista de entregas que deverá ser feita pelo projeto – ligada às características de aplicação da MA e às necessidades de mercado, informações coletadas no planejamento de marketing – e dos objetivos do projeto – ligada aos objetivos estratégicos da empresa, diretrizes estabelecidas no plano de negócio. O segundo grupo de informações, por sua vez, compõe aquelas originadas da 1ª avaliação das máquinas disponíveis no mercado. A avaliação do estado da arte e do desempenho das soluções atuais proporciona a oportunidade de examinar a estrutura de decomposição da MA que faltava na primeira etapa. A partir dessas considerações, torna-se possível a análise e o melhoramento da estrutura de decomposição de modo a representar de forma mais fidedigna os subsistemas e os órgãos – ativos e estruturais – que constituem as máquinas atualmente disponíveis. Pimmler e Eppinger (1994) propõem um método para a decomposição do produto, pesquisa de interações entre elementos e posterior agrupamento em setores, em acordo com critérios estabelecidos pela equipe de projeto; Prasad (2005) documenta uma abordagem de decomposição de produtos para a indústria automobilística em uma hierarquia de classes progressivamente detalhada. Dada a pormenorização desses aspectos, torna-se possível estabelecer o conjunto de entregas do projeto que interessam ao cliente através de uma declaração estruturada. A seguir, são incluídas como fatores de influência no projeto da MA as considerações relacionadas às disposições legais e normativas cujo atendimento é necessário para a homologação da máquina agrícola. Tais considerações podem ser levantadas em detalhe levando-se em conta o modelo proposto por Alonço (2004) para a incorporação às tarefas previstas no MR-PDMA. A ferramenta de banco de dados proposta pelo mesmo autor contém um conjunto de informações sobre documentos e diretivas que devem ser atendidas para a homologação da máquina agrícola, sob o foco de segurança. As informações relacionadas aos aspectos de homologação por desempenho podem ser primeiramente levantadas em Mialhe (1996), tomando-se como ponto de partida a operação agrícola a ser atendida no projeto. Como objetivo desse processo de levantamento, deve ser reunido um banco de dados com normas técnicas e disposições legais pertinentes ao escopo do projeto da máquina agrícola, bem como podem ser inferidos relacionamentos entre tais diretivas e o modelo de decomposição da MA. Por último, devem ser agregadas considerações detalhadas em relação à operação agrícola que a MA deverá executar. O acompanhamento da execução da operação em regime de campo é importante para a compreensão dos processos que devem ser realizados e as formas pelas quais os recursos agrícolas devem ser gerenciados. Mialhe (1974) conceitua a operação agrícola e sugere um modelo inicial para

sua análise. Na seqüência, estabelece uma representação funcional panorâmica do processo de execução da operação agrícola, onde sempre se encontram presentes a fonte de energia, a máquina, um órgão de controle (um ser humano ou um sistema processador), o resultado da operação e um ciclo de realimentação e ajuste entre o resultado real da operação e sua forma idealizada. O mesmo autor propõe métodos para a análise da operação agrícola, utilizando como ferramenta o fluxograma, e caracteriza os entes que formam o campo de cultivo onde esta é executada. Como complemento a essas informações, é proposta a caracterização do local utilizado para o cultivo, bem como dos elementos físicos e biológicos envolvidos na operação. Tal procedimento deve ser feito com embasamento nas características locais de solo e clima, da planta e de outros agentes (fertilizantes, defensivos, etc.), conforme a operação executada. Como exemplo, Coelho (1996) propõe uma metodologia de caracterização desses fatores para o ensaio de semeadoras.

CONCLUSÃO: Tal conjunto de informações pode ser adequadamente sistematizado através da elaboração de um modelo estruturado para análise e amadurecimento do conhecimento a respeito dos fatores de influência no projeto. A estruturação do modelo parte da análise das informações existentes sobre o escopo do projeto e as características das soluções existentes. A utilização de métodos e ferramentas estruturadas também prova sua eficácia no levantamento das considerações normativas e agrônômicas, de tal maneira que também estas informações podem ser sistematicamente relacionadas entre si e servir de base para raciocínios analíticos e sintéticos mais apurados no reconhecimento dos elementos que influenciam na execução do projeto da MA. Tal robustez lógica facilita o conhecimento das características fundamentais que devem ser atendidas pela MA, tanto em termos das funções necessárias quanto das especificações de projeto pretendidas. Dados estes resultados, é possível afirmar que esse conhecimento é muito importante na proposição de uma modelagem dos fatores de influência no projeto que, adequadamente classificados e descritos, servirão de referência importante no reconhecimento de restrições às tomadas de decisão na atividade de projeto de máquinas agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de Projeto para a Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para semeadura. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.
- KEPNER, R. A.; BAINER, R. BARGER, E. L. **Principles of Farm Machinery**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1972.
- MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão**. Florianópolis, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ed. Agrônômica Ceres, 1974, 301p.
- _____. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.
- MILAN, M.; GADANHA JR., C. D. Ensaio & certificação de máquinas para aplicação de adubos e corretivos. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.
- PIMMLER, T.U.; EPPINGER, S.D., Integration Analysis of Product Decompositions. In: ASME CONFERENCE ON DESIGN THEORY AND METHODOLOGY, 1994. **Proceedings...** Minneapolis: American Society of Mechanical Engineers, 1994, pp.343-351.
- PRASAD, B. Enabling principles of concurrency and simultaneity in concurrent engineering. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**. Cambridge, v. 13, p. 185–204, 1999.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Body of Knowledge of project Management (PMBOK® Guide)**. Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.
- REIS, A. V. **Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.