

MODELAGEM DO PROCESSO DE TRILHA E SEPARAÇÃO MECÂNICA DO FEIJÃO EM UMA COLHEDORA DE FLUXO AXIAL¹

C. M. A. SOUZA², D. M. QUEIROZ³, E. C. MANTOVANI⁴, F. A. C. PINTO³

Escrito para apresentação no
XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002
Salvador-BA, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

RESUMO: O desempenho de uma máquina colhedora de grãos está diretamente relacionado às características mecânicas dos mecanismos de trilha e separação nela utilizados. Além disso, estes mecanismos influenciam consideravelmente as perdas de produto durante o processo. A simulação de processos tem se mostrado como uma ferramenta de grande utilidade no auxílio ao projeto de novas máquinas, ou no aprimoramento das já existentes. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de implementar um modelo de simulação da trilha e separação mecânica do feijão, para uma colhedora de arrasto com sistema de trilha em fluxo axial. Testes experimentais foram conduzidos, utilizando-se uma colhedora de feijão para validação do modelo implementado. Comparando os resultados de eficiência de trilha e separação simulados com aqueles obtidos experimentalmente, obteve-se um desvio médio de 1,78%, o que foi considerado satisfatório para aplicações em engenharia de colheita.

PALAVRAS-CHAVE: colheita, colhedora de arrasto, simulação.

MODELING OF MECHANICAL THRESHING AND SEPARATING PROCESS IN AXIAL FLOW BEAN HARVESTER

SUMMARY: The combine harvester performance is directly related to the mechanical characteristics of the threshing and separating devices. Besides, these devices define the product quantitative and qualitative losses during the process. The simulation process has shown to be an important tool for designing new machines or improving the existing ones. The objective of this work was to develop software for simulating the threshing and separation process in an axial flow bean harvester. Experimental tests were performed using a bean harvester for the model validation. The average error between the simulated and experimental values of grain separation efficiency was 1.78%, which was considered satisfactory for engineering applications.

KEYWORDS: harvesting, pull-type harvester, simulation.

INTRODUÇÃO: A colheita mecânica apresenta uma série de vantagens em relação aos processos de colheita manual. Dentre as vantagens pode-se destacar o menor custo para realizar a operação, a redução no tempo de colheita e a redução no esforço a que os trabalhadores rurais precisam fazer, uma vez que a colheita é uma das etapas mais árduas na cadeia de produção de grãos.

A colheita do feijão envolve as etapas de arranque ou corte, recolhimento e alimentação, trilha, separação e limpeza do produto (SOUZA, 2001). Um dos grandes problemas associados à colheita de grãos está relacionado com as perdas quantitativas e qualitativas a que os produtos estão submetidos.

¹ Pesquisa financiada pelo CNPq e RECOP/FINEP.

² Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA-UFV, Viçosa, MG, CEP 36571-000. Fone: 31 3899 2853. E-mail: csouza@alunos.ufv.br.

³ Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG. E-mail: queiroz@.ufv.br e facpinto@.ufv.br.

⁴ Pesquisador, Ph.D., Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: evandro@cnpms.embrapa.br.

Trabalhos já realizados têm demonstrado que dependendo das condições de colheita as perdas podem superar 10% do total produzido (SMITH, 1986), sendo considerado satisfatório perdas da ordem 3%. O processo de colheita mecânica pode ser dividido em vários sistemas, como, por exemplo, um que abrange o mecanismo de corte e recolhimento, um para o mecanismo de trilha, outro para o mecanismo de separação, e, por fim, um para o mecanismo de limpeza, sendo que o de trilha é considerado o mais complexo. Um modelo para estudar o sistema de trilha convencional foi proposto por HUYNH et al. (1982), que considera a trilha como uma ocorrência probabilística, sendo determinada pelo modelo a eficiência de separação do côncavo.

A simulação de processos por meio do desenvolvimento de modelos matemáticos e programas computacionais, tem se mostrado como uma ferramenta de grande utilidade no auxílio ao projeto de novas máquinas, ou no aprimoramento das já existentes, permitindo a diminuição de custos e tempo (SOUZA et al., 1998), além de minimizar problemas com segurança.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de implementar um modelo de simulação do processo de trilha e separação mecânica do feijão em uma máquina de arrasto, com sistema de trilha em fluxo axial, e validá-lo por meio de resultados experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e no Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Nos testes foram utilizados o cultivar Carioca e uma colhedora de arrasto modelo “Double Master”, com sistema de trilha em fluxo axial.

A probabilidade de ocorrer a trilha e a separação do feijão existe se houver a separação dos grãos da vagem, a migração dos grãos através da camada de palha e a passagem dos grãos através do côncavo. A relação entre estes eventos fornece a eficiência de trilha e separação do sistema (HUYNH et al., 1982). As hipóteses usadas no desenvolvimento do modelo probabilístico foram que qualquer grãos esta igualmente apto a ser trilhado e separado em qualquer tempo.

Para validação do modelo implementado, montou-se um experimento com três velocidade de deslocamento da máquina (4, 7 e 10 km h^{-1}), três constituição de leira (4, 7 e 10 linhas), duas rotações do cilindro trilhador (420 e 540 rpm) e dois teores de umidade de colheita ($10,65 \pm 0,25$ e $14,10 \pm 0,81\%$ b.u.), sendo determinado em cada teste a massa de grãos colhidos e perdida no sistema de trilha e separação e o tempo gasto na colheita. A abertura entre o cilindro trilhador e o côncavo foi de 0,02 m. Para se determinar a produtividade da lavoura, o produto colhido e perdido pela máquina foi quantificado em cada teste. A produtividade foi determinada pelo quociente da quantidade total de produto colhido em cada teste, determinada pela soma das massas de grãos colhidos mais os perdidos, pela respectiva área.

A densidade da palhada e a razão em peso seco da relação palha/grãos da cultura foram determinados conforme metodologia proposta por SOUZA (2001). A taxa de alimentação utilizada no modelo de simulação foi obtida por meio da determinação da massa de grãos, que alimentou o sistema de trilha em cada teste, e da relação palha/grão da cultura. Por meio de multiplicação entre estes dois parâmetros, obteve-se a taxa de alimentação de palhada do sistema.

O teor de umidade do feijão foi determinado usando-se o método padrão em estufa, conforme recomendações de BRASIL (1992).

A eficiência de trilha e separação do côncavo real foi obtida por meio da razão entre a massa de grãos separados no sistema de trilha e separação e a massa inicial que alimentava o mesmo (NORRIS e WALL, 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os parâmetros e características da máquina e do cultivar utilizados como constantes e dados de entrada do modelo de simulação desenvolvido, são apresentados na Figura 1 (B). Na Figura 1 são apresentadas as janelas do programa computacional desenvolvido, na linguagem de programação MS Visual Basic, versão 6, para simular o processo de separação mecânica do feijão. Os valores utilizados para o fator de debulha e a constante de correção foram obtidos por meio de método numérico, até se ter um mínimo erro na determinação da eficiência de trilha e separação.

Analisando os dados de produtividade média verificou-se que o produto colhido com teor de umidade de 14,10% apresentou maiores valores de produtividade, sendo 13% maior que aquele com 10,65%, que foi de 2238,20 kg ha⁻¹. O valor médio da densidade livre da palhada foi de 15,7 kg m⁻³.

O modelo de simulação implementado apresentou erro relativo médio na determinação da eficiência de separação do côncavo de 1,88%, nos testes com teor de umidade de 10,65%, e de 1,67%, com teor de umidade de 14,10%. O modelo apresentou erro relativo médio de 1,78%.

O modelo de simulação implementado foi validado, representando com satisfatória precisão os resultados experimentais, sendo, então, considerado satisfatório para aplicação em engenharia de colheita.

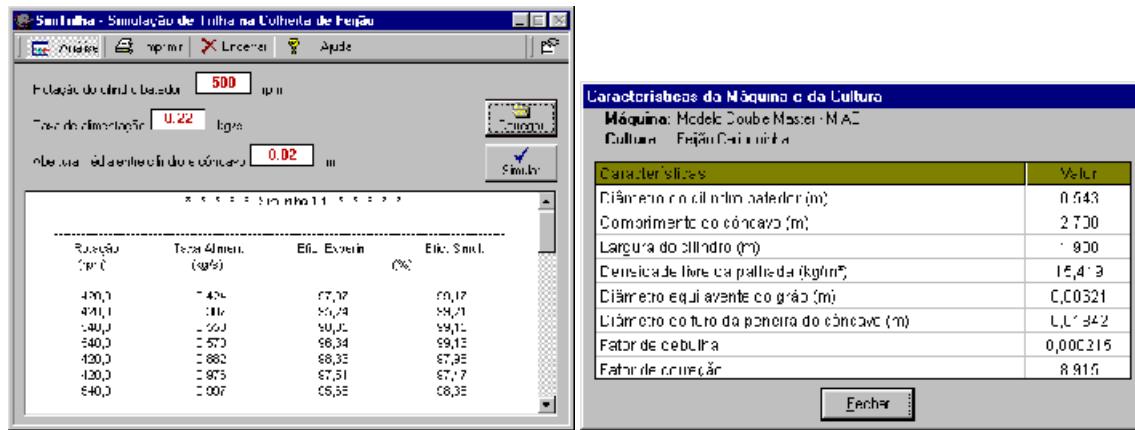
Em ambos os teores de umidade, os melhores valores de eficiência de trilha e separação foram observados nas menores taxas de alimentação, conforme apresentado na Figura 2, sendo que o melhor valor foi de 99,34%, obtidos nos testes com teor de umidade de 10,65%.

Os comportamentos evidenciados nas curvas obtidas com os dados observados e os simulados, para ambos os teores de umidade, apresentaram semelhanças (Figura 2). Observando as curvas simuladas, verifica-se que quanto maior a taxa de alimentação menor foi a eficiência de trilha e separação. Isso foi devido ao aumento da taxa de alimentação, pois, no modelo implementado, a probabilidade de ocorrer a trilha é estimada em função do tempo de permanência do produto na região de debulha, que é função do comprimento do helicóide e da velocidade periférica do cilindro trilhador. Para uma determinada máquina, o tempo de permanência será constante se a rotação do cilindro trilhador for mantida constante. Dessa forma, é necessário maior tempo para a debulha, quando a taxa de alimentação é incrementada.

Observando as curvas obtidas do modelo de simulação, apresentadas na Figura 2, verifica-se que, em ambos os teores de umidade, a rotação de 540 rpm apresentou maiores valores de eficiência de separação. Isso aconteceu, provavelmente, porque a rotação de 540 rpm transmite maior energia para a debulha do que a de 420 rpm, sendo o modelo sensível a esta variação.

Os valores obtidos para a constante de debulha e constante de correção foram 0,000215 e 8,915, respectivamente. Esses valores foram estimados a partir dos dados coletados nos experimentos com teor de umidade de 10,64 e 14,10%, sendo estas constantes as mesmas em ambos. As análises foram realizadas separadamente, pois, suponha-se que a diferença de umidade iria fornecer diferentes valores desses parâmetros, o que não aconteceu. Com isso, pode-se dizer que a diferença de teor de umidade dos grãos não influenciou a perda no sistema de trilha e separação analisado.

CONCLUSÕES: a) O modelo de simulação desenvolvido foi validado, apresentando erro relativo médio de 1,78% na determinação da eficiência de trilha e separação do côncavo; b) A eficiência de trilha e separação simulada apresentou comportamento decrescente com o incremento na taxa de alimentação da colhedora; c) A rotação do cilindro trilhador de 540 rpm apresentou maiores valores de eficiência de trilha e separação simulada, independentemente do teor de umidade dos grãos; d) A diferença de teor de umidade dos grãos não influenciou a eficiência de trilha e separação do côncavo.



A B

Figura 1 - Janela principal do programa computacional desenvolvido (A), e Janela de configuração das características da máquina e da cultura (B)

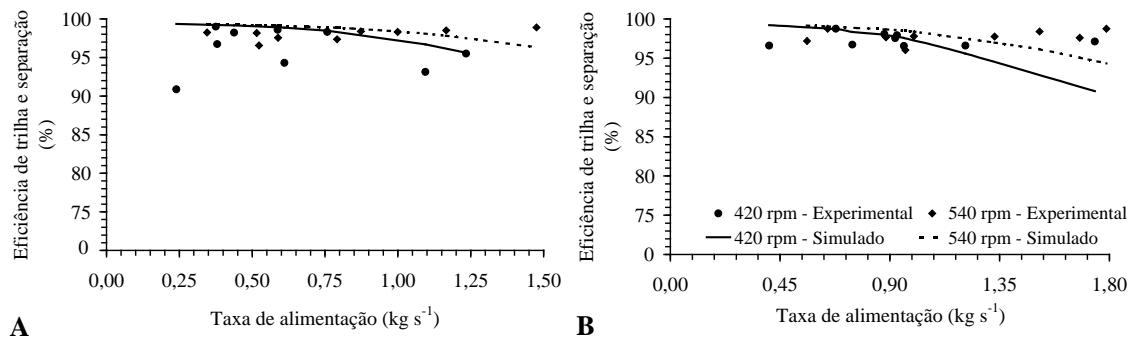


Figura 2 - Eficiência de separação do côncavo em função da taxa de alimentação da máquina, para as respectivas rotações do cilindro trilhador, com teor de umidade de colheita de 10,65 (A) e de 14,10% (B)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, 1992. 365p.
- HUYNH, V.M.; POWELL, T; SIDDALL, J.N. Threshing and separating process - A mathematical model. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.25, n.1, p.65-73. 1982.
- NORRIS, E.R.; WALL, G.L. Effect of concave design factors on cylinder-concave performance in corn. *Canadian Agricultural Engineering*, Mansonville, v.28, n.2, p.97-99. 1986.
- SMITH, J.A. Dry Edible bean field harvesting losses. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.29, n.6, p.1540-1543, 1986.
- SOUZA, C.M.A.; PINTO, F.A.C.; MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M. Simulação e análise do processo de trilha mecânica do milho-pipoca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.2, n.2, p.212-218. 1998.
- SOUZA, C.M.A. Avaliação e simulação de desempenho de uma colhedora de fluxo axial para feijão. Viçosa, MG: UFV. 2001. 113p. Tese de Mestrado