

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO ÀS PERDAS NO SISTEMA DE TRILHA NA COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE INDUSTRIAL

CRISTIANE FERNANDES LISBOA¹, DANIEL ANTONIO DA CUNHA², TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO³, HELIO DE SOUZA QUEIROZ⁴

1. Graduanda do curso de Eng. Agrícola - UEG, Anápolis, GO. Email: cflisboa.engenharia@hotmail.com
2. Bacharel em Eng. Agrícola, Goiânia, GO.
3. Professor do IFGoiano – Campus Morrinhos, Morrinhos, GO.0020
4. Professor Adjunto do curso de Eng. Agrícola -UnUCET/UEG, Anápolis, GO.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A operação da colheita mecanizada de tomate industrial é importante, pois quanto menores as perdas decorrentes da mesma, possivelmente poderá haver um leve aumento na produtividade. Com o objetivo de avaliar a qualidade da operação da colheita mecanizada de tomate industrial, em função das perdas no sistema de trilha, por meio do controle estatístico de processo, conduziu-se esta pesquisa. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, constituído de três colhedoras com diferentes escalas de horas trabalhadas: M1, M2 e M3 (7255, 2984 e 6512 horas respectivamente) submetidas a mesma condição de operação de campo. Após a passagem da colhedora nas parcelas, os frutos que não se destacaram das ramas foram coletados dentro de um gabarito de 1 m², e que, posteriormente foram pesados e seus resultados extrapolados para 1 ha. A averiguação da normalidade dos dados obtidos foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk, sendo utilizadas como métodos estatísticos as cartas de controle para cada variável. As perdas no sistema de trilha pelas colhedoras testadas permaneceram dentro dos limites de controle e dos padrões estabelecidos nesse estudo; e as máquinas com menos horas de trabalho apresentam menos perdas no sistema de trilha.

PALAVRAS-CHAVE: Máquinas Agrícolas. Cartas de controle. Sistema de trilha.

STATISTICAL PROCESS CONTROL APPLIED TO LOSSES THE TRAIL SYSTEM IN THE MECHANIZED HARVESTING OF INDUSTRIAL TOMATOES

ABSTRACT: The operation of mechanized harvesting of industrial tomatoes is important because the smaller the losses thereof, may possibly be a slight increase in productivity. With the aim of evaluating the quality of operation Combine harvesting processing tomato, due to the losses on the track, by means of statistical process control system, led this search. The experimental design was completely randomized with four replications, comprised of three harvesters with different scales of hours worked: M1, M2 and M3 (7255, 2984 and 6512 hours respectively) underwent the same operation condition of the field. After the passage of the harvester in the plots, the fruit that did not stand the stems were collected within a 1m² feedback, and subsequently were weighed and the results extrapolated to 1 ha. The investigation of the normality of the data was performed by Shapiro-Wilk test and were used as statistical methods to control charts for each variable. Losses in the trail system tested by harvesters remained within the control limits and patterns established in this study, and the machines with fewer hours of work experience fewer losses in the trail system.

KEYWORDS: Agricultural machines. Control cards. Trail system.

INTRODUÇÃO

A produção de tomate industrial no mundo em 2012 foi de 33.538 milhões de toneladas sendo que, esta em relação ao ano anterior obteve um decréscimo de -10,9% incremento de 5,0% e o Brasil representa apenas 4,75% (1.200 milhões de toneladas) desta produção (WPTC, 2013).

Neste contexto, a operação da colheita mecanizada de tomate industrial se torna importante, pois quanto menores as perdas decorrentes da mesma, possivelmente poderá haver um leve incremento na produtividade, refletindo futuramente na maior produção total.

O tomate é um produto muito sensível que tem um alto custo horário com máquinas e mão de obra, devido a isso há uma preocupação em mensurar as perdas. As colhedoras que possuem sistema de trilha utilizadas para diversos produtos agrícolas, tem sua regulagem destacada pois, quanto melhor for esta, melhor será o desempenho e eficiência no momento da operação. Em culturas mais tradicionais, como a soja e o milho, os estudos realizados sobre o sistema de trilha tornam-se cada vez mais comuns, porém, o mesmo não ocorre com a cultura do tomateiro.

Compangnon *et al.* (2012) na comparação das perdas medidas em campo de uma colhedora axial de soja e a saída fornecida pelo monitor de perdas durante a colheita em diferentes períodos do dia, verificaram por meio das cartas de controle que houve no período noturno uma maior coincidência entre os níveis de obtidos no sensor de separação e as perdas medidas em campo na colheita da soja em relação ao diurno.

O Controle Estatístico de Processo é uma técnica utilizada nos processos de produção que auxiliam na detecção de problemas na fabricação de um produto, visando diminuir desperdícios e retrabalhos, bem como aumentar a produtividade.

Aliado a importância das perdas na plataforma de corte na colheita mecanizada de tomate industrial, o uso do controle estatístico de processo nesta operação agrícola pode vir a ser fundamental, pois o mesmo pode nos mostrar uma visão de como o processo está ocorrendo, indicando eventuais falhas e possíveis melhorias para as próximas operações, com o objetivo de aumentar a qualidade das mesmas. Alguns autores têm feito uso do controle estatístico de processo, utilizando as variáveis avaliadas como indicadores de qualidade para identificar causas não aleatórias ou causas especiais decorrentes da instabilidade do processo (CASSIA *et al.*, 2013; CHIODEROLI *et al.*, 2011; NORONHA *et al.*, 2011; TOLEDO *et al.*, 2008).

No entanto, estudos sobre as perdas gerais tanto quantitativas como qualitativas, de frutos verdes e/ou vermelhos, durante a colheita mecanizada de tomate industrial são escassos e/ou inexistentes, sendo necessários maiores esforços para tentar amenizar e melhorar tais condições, principalmente quando se trata das perdas decorrentes do sistema de trilha, pois estas podem ocorrer em níveis significantes dependendo das condições da lavoura (maturação, cultivar, dentre outros), facas de corte, velocidade de deslocamento da máquina, experiência do operador em conduzir a máquina, dentre outros.

Diante do exposto, pressupondo-se que exista certa variabilidade nas perdas de frutos na colheita mecanizada de tomate industrial, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da operação da colheita mecanizada de tomate industrial, em função das perdas no sistema de trilha, por meio do controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Morrinhos-GO, em latossolo Vermelho Distrófico, sendo utilizada a cultivar de tomate (*Solanum Lycopersicon*) HEINZ 9553 transplantada em sistema de transplântio direto.

O processo de colheita aconteceu após 125 dias após o transplântio, sendo utilizada para a avaliação das perdas uma colhedora autopropelida da marca GUARESI, modelo G-89/93 MS 40", com motor FIAT-Iveco 129 kW, com plataforma de recolhimento com espaçamento de 1,5 m, flutuante e dotada de selecionador eletrônico de frutos verdes e torrões. Durante os ensaios a colhedora foi utilizada com a rotação do motor em 1900 rpm com velocidade média operacional de $1,14 \text{ m s}^{-1}$.

No momento da colheita o solo se encontrava com teor de água médio de 18,4%, conforme EMBRAPA (1997). A verificação desse fator e de suma importância, pois afeta diretamente a eficiência da operação de colheita do tomate.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, constituído de três colhedoras com diferentes idades (M1: 7.255 h; M2: 2.984 h; M3: 6.512 h). Para a quantificação das perdas foi utilizado um gabarito com área de 1 m² (1x1 m), onde após a passada da colhedora, foram coletados em cada um dos pontos, os materiais necessários para as avaliações das perdas. Após o material ser recolhido, o mesmo foi ensacado, identificado e pesado em balança digital, modelo AD2000 com precisão de 0,01g. Após a pesagem do material recolhido, os valores foram extrapolados para Kg/ha.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, determinando-se a média aritmética, a mediana, valor máximo e mínimo, desvio padrão (σ) e os coeficientes de variação, assimetria e curtose. A averiguação da normalidade dos dados obtidos foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk, sendo utilizado como método estatístico as cartas de controle para cada variável. Para os dados que não seguiram uma distribuição normal, utilizou-se a média móvel exponencial ponderada (MMEP), utilizada para avaliar a variabilidade que entre as médias estudadas.

As cartas de controle de processo foram elaboradas a partir dos parâmetros estatísticos do processo de transplante, considerando-se como linha central a média geral e a amplitude média, composta pelo limite superior de controle (LSC) e pelo limite inferior de controle (LIC). Os limites de controle LSC e LIC foram calculados com base no desvio-padrão das variáveis correspondendo a 3σ e -3σ , respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à estatística descritiva. Os resultados indicam uma variabilidade dos valores encontrados entre as máquinas com diferentes horas de uso. Uma vez que a variabilidade de um atributo está diretamente relacionada com a magnitude do seu coeficiente de variação.

TABELA 1. Análise estatística descritiva para perdas na trilha em máquinas de diferentes horas de uso.

Variável	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficientes			Teste
			Max.	Min.		CV (%)	Ck	Cs	
Máquina 1	8.263	8.350	11.700	4.650	3.530	42,72	-5,16	-0,05	A
Máquina 2	5.250	5.600	7.750	2.050	2.589	49,32	-2,22	-0,52	A
Máquina 3	7.613	6.800	11400	5.450	2.755	36,18	0,46	1,19	A

Ck: coeficiente de curtose; Cs: coeficiente de assimetria; * N: distribuição de frequência normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$); A: distribuição assimétrica.

Para as perdas na trilha da máquina 1 observou-se uma distribuição assimétrica, com valor de curtose negativo e de assimetria igual à -0,05, explicando a menor concentração dos valores abaixo da média, além de também encontrar um baixo valor de amplitude. Para a máquina 1, o valor médio de perda foi de 8.263 Kg/ha, ultrapassando as médias das demais máquinas.

Para as perdas na trilha da máquina 2 observou-se uma distribuição assimétrica, com valor de curtose negativo e de assimetria igual à -0,52, explicando a menor concentração dos valores abaixo da média, além de também encontrar um baixo valor de amplitude. Para a máquina 2, o valor médio de perda foi de 5.250 Kg/ha, ultrapassando as médias das demais máquinas.

Para as perdas na trilha da máquina 3 observou-se uma distribuição assimétrica, com valor de curtose e de assimetria positivos, que vem explicar a maioria dos valores abaixo da média. Na máquina 3, o valor médio das perdas foram de 7.613 Kg/ha. Outro fato explicado pelo coeficiente

de curtose positivo, foi que nas variáveis analisadas, o coeficiente permite demonstrar que os valores de perdas tenderam a se concentrar em torno da média.

Segundo Chideroli *et al.* (2012), a variação de um processo pode ser ocasionada por causas comuns e especiais. No caso das causas comuns. As mesmas não podem ser evitadas. Em contrapartida as causas especiais em operações agrícolas podem estar relacionadas a diversos fatores como a experiência do operador, as condições de solo e, principalmente, as regulagens da transplantadora, o que corrobora com alguns resultados obtidos. Entretanto, uma causa comum é a qualidade de condução das colhedoras pelos operadores, que obteve a sua parcela de contribuição para a possível modificação de valores para as perdas.

Na figura 1 são apresentados os resultados das perdas no sistema de trilha para a máquina 1. A média geral nesta ocorrência foi de 8263 Kg/ha, em que os limites superiores e inferiores foram 19699 e -3174 Kg/ha, respectivamente. Neste contexto, observou-se que todas as observações estão dentro do controle.

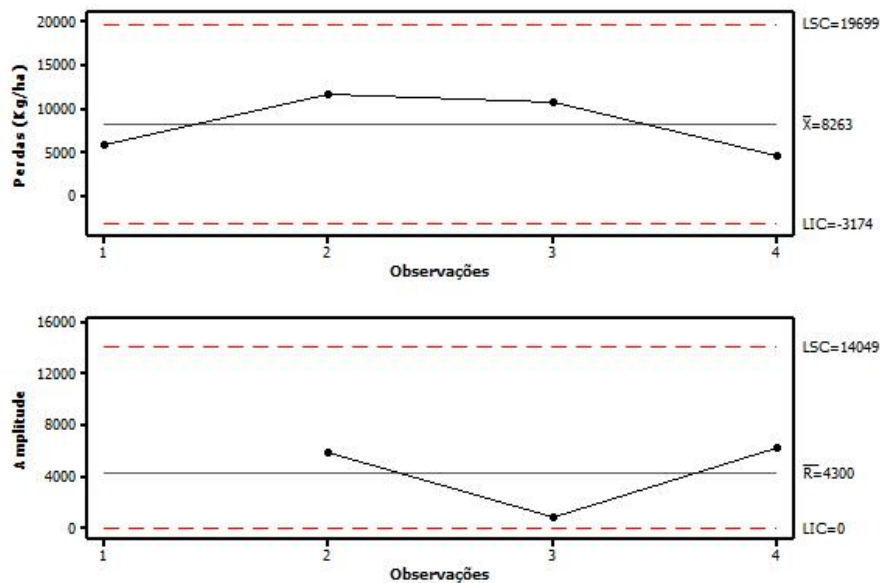


FIGURA 1. Cartas de controle para as perdas do sistema de trilha para a máquina 1.

A amplitude dos valores das observações apresentou média de 4300 Kg/ha e obteve menores valores entre as observações 2 e 3 onde os valores encontrados estiveram próximo de 0 (LIC). De modo geral a amplitude entre as observações não ultrapassam os limites superior e inferior de controle, indicando, assim, que o processo não sofreu interferência de causas especiais.

Esta máquina apresentou maiores valores de perdas ocasionado pelo maior tempo de uso e, conseqüentemente, um maior desgaste nos mecanismos de trilha. O desgaste nos mecanismos internos interfere na eficiência de trilha. Mesmo com uma regulagem adequada o mecanismo é comprometido pela condição atual de seus elementos.

Apesar de as culturas diferentes, a tendência é de que máquinas colhedoras tenham o mesmo comportamento em função das horas de uso, Com isso, Mesquita *et al.* (2002) encontraram relação entre a idade de uso da colhedora e o nível de perdas na colheita, observando que as máquinas com mais de 15 anos de idade apresentaram perdas superiores àquelas encontradas nas colhedoras com menos de cinco anos de idade. Entretanto, os autores encontraram, também, elevado número de colhedoras com mais de 15 anos com perdas abaixo de 1 saco ha⁻¹, indicando que outros fatores, tais como eficiência do operador, condições da lavoura e conservação da máquina podem ter mais influência sobre o nível de perdas.

Na figura 2 são apresentados os resultados das perdas no sistema de trilha para a máquina 2. A média geral nesta ocorrência foi de 5250 Kg/ha, em que os limites superiores e inferiores foram 12298 e -1798 Kg/ha, respectivamente.

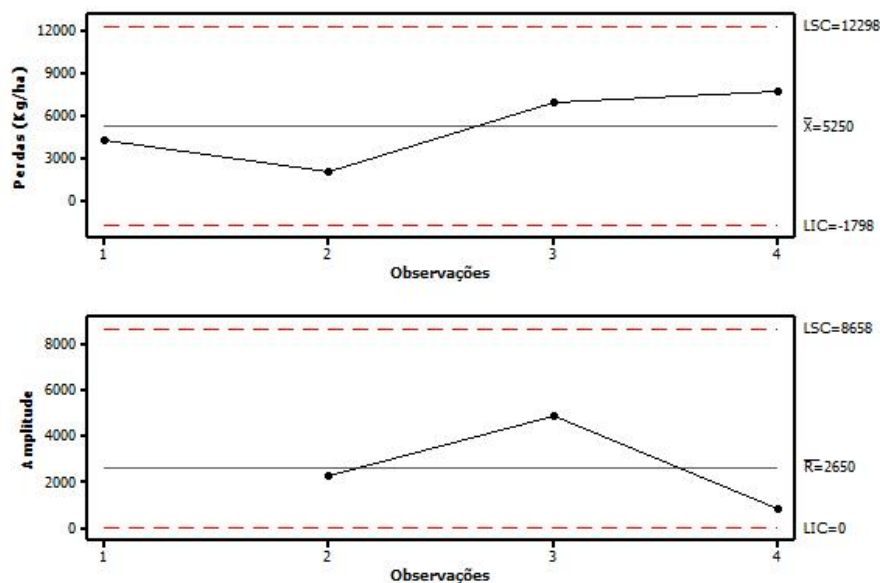


FIGURA 2. Cartas de controle para as perdas do sistema de trilha para a máquina 2.

A amplitude de valores das observações apresentou média de 2650 Kg/ha e manteve-se variando entre a média das diferenças, principalmente entre as observações 2 e 4. A amplitude entre as observações não excederam os limites superior e inferior de controle, indicando, assim, que o processo não sofreu interferência de causas especiais.

Esta máquina apresentou perdas menores e isso pode ser explicado pelo menor tempo de uso e conseqüentemente menor desgaste dos mecanismos de trilha. A regulagem de operação de um sistema de trilha com menor tempo de uso também possui maior precisão e com isso há uma maior eficiência de trabalho de seus mecanismos internos.

Na figura 3 são apresentados os resultados das perdas no sistema de trilha para a máquina 3. A média geral nesta ocorrência foi de 7613 Kg/ha, em que os limites superior e inferior foram 13109 e 2116 Kg/ha, respectivamente. Esta máquina apresentou perdas menores que a máquina 1 e maiores que a máquina 2, isso pode ser explicado pela quantidade de horas trabalhadas (valor intermediário entre as máquinas 1 e 2).

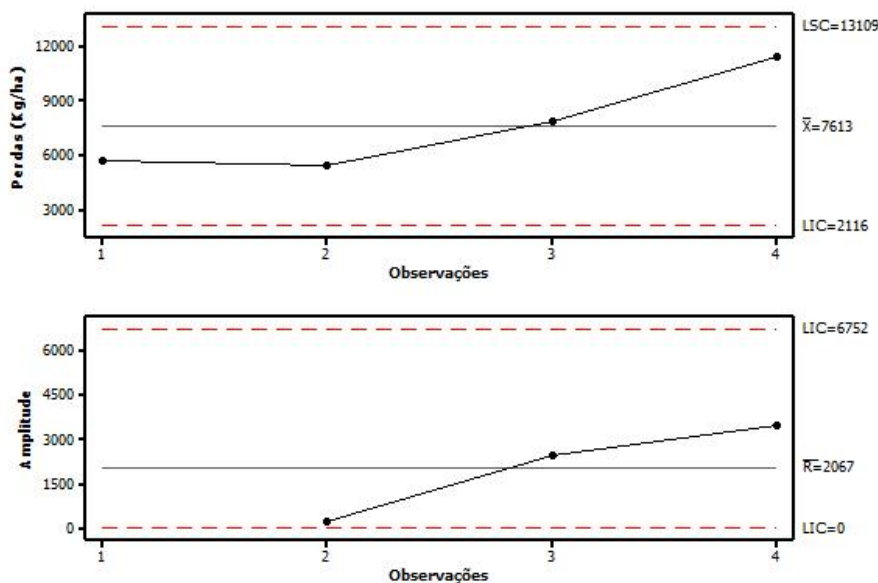


FIGURA 3. Cartas de controle para as perdas do sistema de trilha para a máquina 3.

A amplitude de valores das observações apresentou média de 2067 Kg/ha e manteve-se variando entre a média das diferenças, principalmente entre as observações 2 e 3. As observações

não ultrapassaram os limites superior e inferior de controle, indicando, assim, que o processo não sofreu interferência de causas especiais.

De modo geral a amplitude entre as observações não ultrapassam os limites superiores e inferiores de controle, indicando, assim, que o processo não sofreu interferência das causas especiais.

As máquinas com menor tempo de uso (máquina 1 e máquina 2) apresentaram menores valores de perdas no sistema de trilha. Esses resultados divergem daqueles encontrados por SILVA *et al.* (1998) que não constataram nenhuma correlação direta entre a idade das máquinas com as perdas na colheita.

Na Figura 4 temos as representações das perdas gerais no sistema de trilha na operação de colheita realizada pelas três colhedoras.

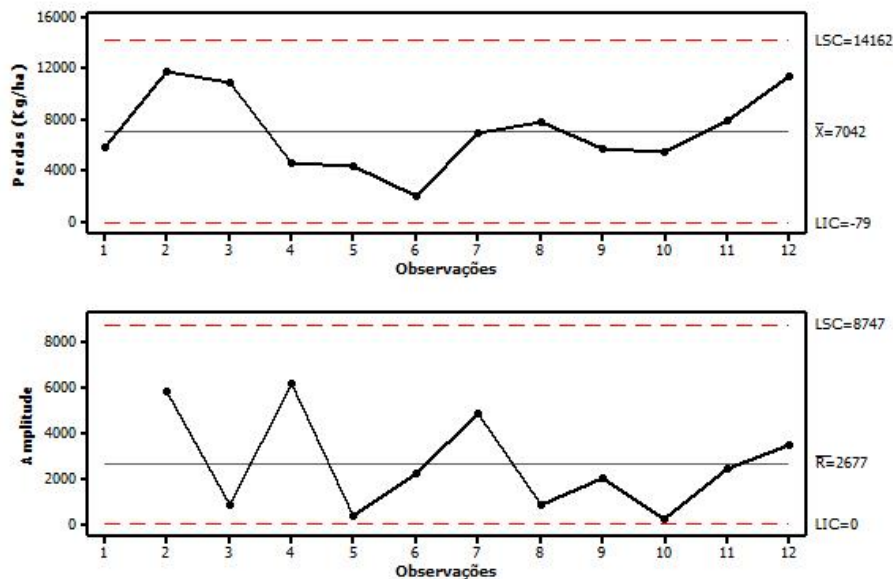


FIGURA 4. Cartas de controle para as perdas do sistema de trilha em colhedoras com diferentes quantidades de horas de utilização na colheita mecanizada do tomate industrial.

Nota-se grandes variações nas perdas do sistema de trilha em relação as observações, fator este que pode ser atribuído ao fato do estudo ter sido realizado com três colhedoras de diferentes horas de uso sendo que, a máquina 2 (menor idade) apresentou um comportamento mais próximo da média. Esse resultado corrobora com os encontrados por Mesquita *et al.* (2002), que existe uma relação entre a idade da colhedora e o nível de perdas na colheita, sendo que as máquinas com mais de 15 anos apresentaram perdas 30% superiores às encontradas nas colhedoras mais novas.

Para Alves Sobrinho & Hoogeheide (1998), outro fator preponderante é a baixa escolaridade dos operadores aliado à falta de treinamento, que pode dificultar a redução das perdas na colheita. Essa redução pode ser facilitada se os produtores fizerem um acompanhamento da colheita, com monitoramento constante.

Tal afirmação corrobora com Silva & Caixeta (1998) que analisaram que as perdas ocorrem devido à má conservação das mesmas e à falta de treinamento dos operadores, que muitas vezes são desprovidos de recursos técnicos, e desconhecem as regulagens e cuidados que deve-se ter com as colhedoras.

CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que o experimento foi conduzido observou-se que: as perdas no sistema de trilha pelas colhedoras testadas estão dentro dos limites de controle e dos padrões estabelecidos nesse estudo; e as máquinas com menos horas de trabalho apresentam menos perdas no sistema de trilha.

REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; HOOGERHEIDE, H.C. Diagnóstico de colheita mecânica da cultura de soja no município de Dourados - MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais..., Lavras - MG: UFLA/SBEA, p.52-54, 1998.
- CASSIA, M.T., SILVA, R.P., CHIODEROLLI, C.A., NORONHA, R.R.F., SANTOS, E.D. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. *Ciência Rural* 43:28-34, 2013.
- CHIODEROLI, C.A., SILVA, R.P., NORONHA, R.H.F., CASSIA, M. T., SANTOS, E.P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. *Bragantia* 71, 112-121, 2012.
- COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. *Scientia Agropecuaria*, Trujillo, v.3, n.3, p. 215-223, 2012.
- DELLARETTI FILHO, O., DRUMOND, F.B. Itens de controle e avaliação de processos. 1. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Ciência do Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997.
- MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, J.E.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal - SP, v.22, n.3, p.398-406, set. 2002.
- NORONHA, R.H.F., SILVA, R.P., CHIODEROLI, C.A., SANTOS, E.P., CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. *Bragantia* 70, 931-938, 2011.
- SILVA, R.P., CAIXETA, R.V., SILVA, E.C. Perdas de grãos ocorridas na pré-colheita e mecanismos internos de uma colheitadeira de milho (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas: Anais..., Lavras - MG: UFLA/SBEA, 1998, v.3, p.214-216, 1998.
- TOLEDO, A.; TABILE, R.A.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; MAGALHÃES, S.C.; COSTA, B.C. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. *Engenharia Agrícola* 28, 710-719, 2008.