

## ANÁLISE MULTIVARIADA NO ESTUDO DA QUALIDADE DA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA

CARLA SEGATTO STRINI PAIXÃO<sup>1</sup>, MURILO APARECIDO VOLTARELLI<sup>2</sup>,  
LEONARDO DORTA SILVEIRA<sup>3</sup>, MARIANA FERREIRA REDONDO<sup>4</sup>,  
ROUVERSON PEREIRA DA SILVA<sup>5</sup>, MATEUS HENRIQUE MUNIZ<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Máquinas e Mecanização Agrícola, CUML/UNISO- Ribeirão Preto/Sorocaba: carla.paixao@prof.uniso.br

<sup>2</sup> Prof Dr Máquinas e Mecanização Agrícola, UFSCAR- Campus Lagoa do Sino – Buri /SP

<sup>3</sup> Graduando de Agronomia, Centro Universitário Moura Lacerda – Ribeirão Preto/SP.

<sup>4</sup> Graduando de Agronomia, Centro Universitário Moura Lacerda – Ribeirão Preto/SP.

<sup>5</sup> Prof Dr Máquinas e Mecanização agrícola, UNESP – Campus Jaboticabal/SP

<sup>6</sup> Graduando de Agronomia, Centro Universitário de Rio Preto – São José do Rio Preto/SP.

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** A análise de componentes principais (ACP) pode ser uma alternativa para extrair informações significativas a partir dessas bases de dados. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar, por meio da análise dos componentes principais a redução na dimensionalidade dos fatores que interferem na qualidade da operação da colheita mecanizada de soja. O trabalho foi realizado em março de 2016, em área agrícola no município de Ribeirão Preto-SP, sendo utilizada uma colhedora da marca John Deere, modelo 1470, com sistema de trilha do tipo tangencial e separação por saca-palhas. Os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da operação de colheita foram: velocidade de deslocamento, rotação do cilindro, rotação do motor, abertura do côncavo, índice de rotação do ventilador, altura de corte, altura da inserção da 1ª vagem, temperatura e teor de água dos grãos, massa de 1000 grãos, perdas totais, perdas na plataforma e perdas dos mecanismos internos. Os dados foram avaliados por meio de análise componente principal. A análise de componentes principais promoveu redução no número de variáveis de qualidade da colheita mecanizada de soja, uma vez que o melhor comportamento das variáveis ocorreu com a determinação de 5 das 13 variáveis analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Componente principal; indicadores de desempenho; Colhedora de grãos.

## MULTIVARIATE ANALYSIS IN THE STUDY OF SOYBEAN MECHANIZED HARVEST QUALITY

**ABSTRACT:** The Principal Component Analysis (PCA) may be an alternative to extract meaningful information from these databases. Thus, the aimed of this work was to evaluate, through the analysis of the main components and analysis of factors, the reduction in dimensionality of the factors that interfere in the quality of the mechanized soybean harvesting operation. The work was carried out in March 2016, in an agricultural area in the city of Ribeirão Preto-SP, using a John Deere brand model 1470 harvester with a tangential type track system and straw picking. The parameters used to evaluate the quality of the harvesting operation were: displacement velocity, cylinder rotation, motor rotation, concave opening, fan rotation index, cutting height, 1st pod insertion height, temperature and content of grain water, 1000 grains mass, total losses, platform losses and internal mechanisms losses. Data were analyzed by means of descriptive statistics, principal component analysis and factors. The analysis of main components promoted a reduction in the number of quality

variables of the soybean mechanized harvest, since the best behavior of the variables occurred with the inclusion of 5 of the 13 variables analyzed

**KEYWORDS:** Main component; Performance indicators; Grain harvester

**INTRODUÇÃO:** Existem inúmeros fatores que podem influenciar a qualidade da operação da colheita mecanizada de soja, dentre eles a altura de corte da plataforma da colhedora, a velocidade do molinete, a rotação do cilindro trilhador, a abertura entre cilindro e côncavo, e a velocidade de deslocamento. Entretanto, ainda existem os fatores ligados às perdas de grãos não oriundos do processo de colheita mecanizada, no qual podem-se citar a deiscência das vagens, a semeadura inadequada, umidade dos grãos, altura da inserção da primeira vagem, a escolha errada da cultivar, a ocorrência de plantas daninhas e o mau desenvolvimento da cultura (Toledo et al., 2008). A análise estatística multivariada permite efetuar uma visão global do fenômeno, utilizando simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos. De acordo com Moita Neto (2004), um dos principais usos da análise de componentes principais ocorre quando as variáveis são originárias de processos em que diversas características devem ser observadas ao mesmo tempo. Este método pode ser usado para definir aquelas que apresentam maior peso e são mais importantes do ponto de vista estatístico (Santi et al., 2012). Assim, considerando-se que o processo de colheita mecanizada de soja apresenta grande diversidade de características passíveis de serem analisadas conjuntamente, objetivou-se neste trabalho avaliar, por meio da análise dos componentes principais, a redução na dimensionalidade dos fatores que interferem na qualidade da operação da colheita mecanizada de soja.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado em área agrícola do município de Ribeirão Preto - SP, localizada nas proximidades das coordenadas geodésicas: Latitude: 21°10'39" S, Longitude: 47°48'37" W, com altitude média de 546 m. A colheita iniciou em março de 2016 sendo utilizada uma colhedora da marca John Deere, modelo 1470, ano 2013 com aproximadamente 711 h de trabalho.

Os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da operação de colheita foram: velocidade de deslocamento, rotação do cilindro, rotação do motor, abertura do côncavo, índice de rotação do ventilador, altura de corte, altura da inserção da 1ª vagem (AIPV), temperatura e teor de água dos grãos, massa de 1000 grãos, perdas totais, perdas na plataforma e perdas dos mecanismos internos. Os indicadores relativos ao desempenho da colhedora foram coletados por meio de leituras no monitor da colhedora, enquanto que as variáveis relacionadas às condições da cultura foram obtidas diretamente em campo. A AIPV foi mensurada utilizando-se uma régua em campo, enquanto que para a temperatura e teor de água dos grãos foram retiradas, em cada ponto amostral, 500 gramas de grãos diretamente do tanque graneleiro e, em seguida, a amostra era colocada no medidor modelo G600 da marca GEHAKA AGRI.

Na determinação das perdas foram utilizadas armações circulares, confeccionadas com aros de 0,25 m<sup>2</sup>, vedados com tela de sombrite assemelhando-se a peneiras, sendo utilizados quatro aros de mesmo tamanho, que juntos totalizam uma área de 1,00 m<sup>2</sup>. Os aros foram lançados em pontos pré-determinados, de modo que dois aros ficaram dispostos fora do traçado dos rodados dianteiros da colhedora (esquerda e direita) e dois foram lançados entre os rodados (meio). Foram coletados todos os grãos e vagens presentes na região dos aros, após a passagem da colhedora. As perdas dos mecanismos internos foram representadas pelos grãos e vagens encontrados sobre as peneiras; por sua vez, os grãos e vagens encontrados abaixo da peneira foram considerados perdas na plataforma. Por fim, as perdas totais foram calculadas pela somatória das perdas na plataforma e dos mecanismos internos.

O delineamento experimental foi realizado em faixas, nos quais os pontos amostrais foram coletados ao longo do tempo. A cada oito minutos de colheita eram quantificados todos os indicadores de qualidade simultaneamente, totalizando 40 pontos amostrais ao final do monitoramento da operação.

Para a análise multivariada foi realizada a associação entre as variáveis que influenciam a qualidade da colheita de soja mediante o uso de análise estatística multivariada - Análise de Componente Principal (ACP). O critério para classificação dos autovetores (valores que representam o Peso de cada caractere, em cada componente, e variam de -1 a +1) foi: valor absoluto <0,30, classificado como pouco significativo; 0,30 – 0,40, considerado mediamente significativo; e  $\geq 0,50$ , tido como altamente significativo (Coelho, 2003). Os indicadores de qualidade que tiveram autovetores com peso  $\geq 0,50$  (altamente significativo) foram submetidos à nova ACP, para ranquear as variáveis com maior carga fatorial (escore).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As variáveis da colheita mecanizada de soja foram agrupadas em fatores e o ajuste do modelo foi capaz de explicar 100% das variâncias das variáveis com autovalores maiores que 1,00 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise de componentes principais das variáveis na colheita mecanizada de soja

Componentes da variância	Componentes principais						
	1	2	3	4	5	6	7
Autovalores	2,93	2,62	1,55	1,42	1,26	0,78	0,68
Proporção (%)	22,6	20,1	12,0	11,0	9,70	6,00	5,20
Proporção acumulada (%)	22,6	42,7	54,7	65,7	75,4	81,4	86,7
Variáveis	Correlação com os componentes principais						
Rotação do motor (rpm)	0,307	-0,172	-0,443	0,347	-0,051	0,239	0,133
Rotação do cilindro (rpm)	0,175	-0,343	-0,116	<b>-0,513<sup>(1)</sup></b>	-0,051	0,239	-0,024
Abertura do côncavo (mm)	-0,217	0,220	-0,211	<b>-0,546<sup>(1)</sup></b>	-0,009	-0,390	0,436
Rotação do ventilador (rpm)	0,253	-0,181	<b>-0,524<sup>(1)</sup></b>	0,266	-0,095	-0,234	0,308
Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	<b>0,529<sup>(1)</sup></b>	-0,078	0,279	0,120	0,219	-0,217	-0,149
Teor de água dos grãos (%)	<b>0,501<sup>(1)</sup></b>	0,092	0,094	-0,146	0,152	-0,351	0,067
Temperatura dos grãos (°C)	-0,394	0,225	-0,194	0,144	-0,111	0,190	0,125
Altura de inserção (cm)	-0,095	-0,095	-0,217	-0,083	-0,160	0,500	0,015
Altura de corte (cm)	0,121	-0,055	0,418	0,093	<b>-0,580<sup>(1)</sup></b>	0,287	0,197
Massa de 1000 grãos (g)	-0,122	0,181	0,265	0,490	0,403	-0,028	0,356
PP (kg ha <sup>-1</sup> )	0,094	<b>0,518<sup>(1)</sup></b>	-0,269	0,069	-0,024	0,036	-0,528
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	0,324	0,348	0,101	-0,207	0,056	0,345	0,455
PT (kg ha <sup>-1</sup> )	0,263	<b>0,523<sup>(1)</sup></b>	-0,109	-0,085	0,020	0,238	-0,053

Continua..

Componentes da variância	Componentes principais						
	8	9	10	11	12	13	
Autovalores	0,539	0,384	0,330	0,301	0,173	0,00	
Proporção (%)	4,10	3,00	2,50	2,30	1,30	0,00	
Proporção acumulada (%)	90,8	93,8	96,3	98,7	100	100	
Variáveis	Correlação com os componentes principais						
Rotação do motor (rpm)	-0,093	-0,143	0,045	0,174	0,633	0,00	
Rotação do cilindro (rpm)	0,413	-0,236	-0,416	0,356	-0,165	0,00	
Abertura do côncavo (mm)	-0,410	-0,100	-0,110	0,311	0,178	0,00	
Rotação do ventilador (rpm)	-0,073	0,135	-0,074	-0,138	-0,592	0,00	
Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	-0,165	0,131	0,285	0,671	-0,155	0,00	
Teor de água dos grãos (%)	0,258	0,494	-0,342	-0,246	0,345	0,00	
Temperatura dos grãos (°C)	0,379	0,595	0,049	0,413	-0,007	0,00	
Altura de inserção (cm)	-0,413	0,341	-0,134	-0,090	-0,073	0,00	
Altura de corte (cm)	-0,399	0,221	-0,351	0,052	-0,046	0,00	
Massa de 1000 grãos (g)	0,157	-0,320	-0,455	0,122	-0,054	0,00	
PP (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,187	-0,043	-0,354	0,09	-0,085	-0,476	
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	0,138	-0,075	0,355	-0,105	-0,112	-0,466	
PT (kg ha <sup>-1</sup> )	-0,034	-0,074	-0,004	-0,009	-0,124	0,745	

<sup>(1)</sup> Autovetores com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator. O critério para classificação foi: valor absoluto <0,30, considerado pouco significativo; 0,30–0,40, mediamente significativo; e  $\geq 0,50$ , altamente significativo, de acordo com Coelho (2003).

Neste sentido, os componentes principais que mais afetaram a colheita mecanizada de soja são o CP1, CP2, CP3, CP4 e CP5 acumulando 75,4% das explicações das causas de variabilidade, sendo os dois primeiros componentes os que mais influenciaram a qualidade da operação. O primeiro componente (CP1), explicou 22,6% da variabilidade, sendo os maiores escores para as variáveis dentro destes componentes foram a velocidade de deslocamento e teor de água dos grãos.

No que se refere à velocidade de trabalho, quanto maior a velocidade mais aumenta-se o fluxo de material vegetal no interior da máquina para seu processamento, o que, associado ao teor de água dos grãos, induz ao fato de que a regulação entre o cilindro e côncavo deve ser dinâmica ao longo da colheita para evitar embuchamentos e aumentar a eficiência de trilha. Como observado por Ferreira et al. (2007), no qual relataram que o fluxo total de material aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento.

O segundo componente principal (CP2) apresentou 20,1% da variabilidade para o processo de colheita mecanizada de soja. Os maiores escores para este componente foram determinados pelas variáveis: perdas na plataforma (PP) e perdas totais (PT). As perdas na plataforma são atribuídas à máquina e podem ocorrer em função da velocidade do molinete, velocidade de trabalho, barra de corte, debulha de grãos entre o condutor helicoidal e o fundo metálico da plataforma, dentre outros. Por outro lado, as perdas totais são uma associação das perdas na plataforma e dos mecanismos internos, sendo este último tipo de perdas relacionado aos sistemas de separação e limpeza da colhedora.

**CONCLUSÕES:** A análise de componentes principais promoveu redução no número de variáveis de qualidade da colheita mecanizada de soja, uma vez que o melhor comportamento das variáveis ocorreu com a inclusão de 5 das 13 variáveis analisadas.

#### **REFERÊNCIAS:**

- COELHO AM. 2003. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** 3(1): 259-290.
- FERREIRA IC, SILVA RP, LOPES A, FURLANI CEA, 2007. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Revista Engenharia na Agricultura** 15(1): 141-150.
- MOITA NETO MJ. 2004. Estatística multivariada Uma visão didática-metodológica. **Revista de Filosofia e Ensino** 13pp.
- SANTI AL., AMADO TJC, SILVA VR DA, BASSO CJ, DELLA FLORA LP, CHERUBIN MR, EITELWEIN MT. 2012. Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois Latossolos manejados com agricultura de precisão. **Interciência** 37(1):204-208.
- TOLEDO A, TABILE RA, SILVA RP, FURLANI CEA, MAGALHÃES SC, COSTA BO. 2008. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Eng. Agríc** 28(4): 710-719.