



DESEMPENHO OPERACIONAL DO CONJUNTO TRATOR-SEMEADORA-ADUBADORA DE AMENDOIM EM FUNÇÃO DE DENSIDADES DE SEMEADURA E TAMANHO DAS SEMENTES

Cristiano Zerbato¹, Carlos Eduardo Angeli Furlani², Rodrigo Fernandes de Almeida³, Rafael Scabello Bertonha⁴ & Murilo Aparecido Voltarelli⁵

RESUMO: A mecanização da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) vem evoluindo ao longo dos anos, todavia ainda existem empecilhos que afetam a qualidade das operações mecanizadas. Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar o desempenho operacional do conjunto mecanizado trator-semeadora-adubadora na qualidade da semeadura mecanizada de amendoim em função de densidades de semeadura (10, 14 e 18 sementes m⁻¹) e tamanhos de sementes (21 e 23 mm). Observou-se que o desempenho operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora foi homogêneo. A média geral de força média e de pico apresentaram valores de 11,29 e 13,09 kN e a potência média e de pico 17,89 e 20,47 kW, respectivamente. O consumo horário e operacional de combustível e a capacidade de campo operacional médios foram de 11,24 L h⁻¹, 7,34 L ha⁻¹ e 1,53 ha h⁻¹, respectivamente. A velocidade média de deslocamento foi de 5,7 km h⁻¹, a patinagem dos rodados traseiros apresentou média de 4,30% e dos dianteiros 9,25% para tracionar a semeadora utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L., energia na agricultura, mecanização agrícola.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF PEANUT TRACTOR-SEEDER SET IN FUNCTION OF PLANTING DENSITY AND SIZE OF SEEDS

ABSTRACT: The mechanization of the peanut cultivation (*Arachis hypogaea* L.) has evolved over the years, but there are still obstacles that affect the quality of the mechanized operations. Thus, the aim of this work was to evaluate the operational performance and quality of the tractor-seeder set due to seeding rates (10, 14, and 18 seeds m⁻¹) and seed size (21 and 23 mm). It was observed that the operating performance of the tractor-seeder was homogeneous. The overall average of mean and peak force were, respectively, 11.29 and 13.09 kN and the average and peak power were 17.89 and 20.47 kW, respectively. The fuel hourly consumption, the fuel operational consumption, and the mean field operational capacity were 11.24 L h⁻¹, 7.34 L ha⁻¹, and 1.53 ha h⁻¹, respectively. The average travel speed was 5.7 km h⁻¹, and the sliding of the rear and front axles averaged 4.30% and 9.25%, respectively.

KEYWORDS: *Arachis hypogaea* L., energy in agriculture, agricultural mechanization.

^{1, 2, 3 e 4} FCAV / UNESP – Jaboticabal. Departamento de Engenharia Rural. E-mail: cristianozerbato@hotmail.com; furlani@fcav.unesp.br; rodalmeida12@hotmail.com; rafabertonha@hotmail.com; murilo_voltarelli@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

No cenário agrícola brasileiro, a cultura do amendoim já teve, na década de 70, uma posição de destaque. Entretanto, problemas tecnológicos, relacionados principalmente ao processo de mecanização, levaram a cultura a uma posição quase marginal dentro do atual quadro da agricultura brasileira (MARTINS, 2006). Paralelamente a esse quadro, a cultura do amendoim passa, atualmente, por um período de transição, de uma forma de manejo manual para um sistema mecanizado de cultivo.

A mecanização da operação de semeadura de amendoim tornou possível sua realização em grande proporção, com a utilização das semeadoras que, em sua maioria, são acopladas e tracionadas. O desempenho do conjunto mecanizado, no caso trator-semeadora, deve ser aperfeiçoado para se obter os melhores resultados (TOLEDO et al., 2009). Desta maneira, Furlani et al. (2006) citam que a semeadura-adubação em processo mecanizado deve ser uniforme, rápida, precisa e econômica.

A força de tração necessária para a operação de semeadura de precisão, na direção horizontal ao deslocamento, inclusa a resistência ao rolamento da máquina, com bom leito de semeadura, deve ser de 0,9 kN com variação de 25% por linha (somente semeadura) e de 3,4 kN com variação de 35% por linha (semeadura, adubação e aplicação de herbicida) (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS - ASABE, 2006b).

A ASABE (2006a) recomenda, para a obtenção de máxima eficiência de tração, patinagem de 8 a 10% em solos não mobilizados e de 11 a 13% em solos mobilizados. Bortolotto et al. (2006) demonstraram que os valores médios de patinagem dos rodados não diferiram com o aumento da velocidade de deslocamento, em semeadura em solo não mobilizado, mantendo-se na faixa de 10 a 12%. Para Furlani, Lopes e Silva (2005), a patinagem também não foi influenciada pelo acréscimo da velocidade de semeadura de milho para solo não mobilizado, estando abaixo de 6% neste caso, porém, em solo mobilizado por escarificação, a patinagem sofreu variação positiva com a velocidade, em torno de 12% para a maior velocidade (8,4 km h⁻¹).

Com relação ao consumo de combustível Lopes e Furlani (2003) concluíram que o consumo de combustível de tratores agrícolas é influenciado pela lastragem do trator, pela carga imposta na barra de tração, pelo tipo de pneu e pela velocidade de deslocamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP/Jaboticabal-SP, próximo às coordenadas geodésicas 21°14' latitude Sul e 48°17' longitude Oeste, com altitude e declividade média de 560 metros e de 4%, respectivamente. O solo da área experimental foi

classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura argilosa e relevo suave ondulado, de acordo com Andrioli e Centurion (1999). A análise granulométrica do solo, na camada de 0 a 0,20 m, foi realizada no Laboratório de Solos da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, SP, apresentando teores argila (469 g kg⁻¹), silte (307 g kg⁻¹) e areia (224 g kg⁻¹).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual em torno de 22°C. Esta região apresentou precipitação pluviométrica durante a condução do experimento de 705 mm e temperatura média de 23,8°C, medidos por Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, SP (Tabela 01).

A semeadura de *Arachis hypogaea* L., cultivar IAC Runner 886, foi realizada em solo sob preparo convencional, sendo gradagem pesada a 0,20 m de profundidade e duas gradagens leves, ambas com grades de discos, anteriormente ao preparo do solo foi realizada subsolagem a 0,40 m de profundidade, com o intuito de romper camadas compactadas próximas a 0,35 m de profundidade. As sementes utilizadas foram tratadas com o ingrediente ativo Tiametoxam na dose de 100 g 100 kg⁻¹ e apresentavam porcentagens de germinação em laboratório de 85%, determinados no Laboratório de Análise de Sementes da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, SP.

Adotou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, fatorial 3x2, com 8 repetições, totalizando 48 parcelas, sendo os tratamentos constituídos por três densidades de semeadura (10, 14 e 18 sementes m⁻¹) combinados à dois tamanhos de sementes (peneira 21 e 23 mm). Cada parcela ocupou uma área de 240 m², com 20 m de comprimento por 12 m de largura, e três passadas do conjunto trator-semeadora, sendo avaliada a passada central (4 fileiras). Entre as parcelas foram deixados, no sentido longitudinal, 15 m, destinados a manobras e estabilização da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado.

O trator utilizado para a semeadura mecanizada foi da marca Valtra, modelo BM 125i, 4x2 TDA, com potência no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2.300 rpm, operado na marcha 3a L a 1900 rpm no motor e velocidade média de 5,7 km h⁻¹. A semeadora-adubadora de precisão foi da marca Marchesan, modelo COP Suprema 7/4, equipada para semeadura convencional, com disco dosador de sementes com 48 furos de 55 mm cada, discos duplos desencontrados para deposição das sementes e para a abertura do sulco de deposição do adubo (350 kg ha⁻¹ do fertilizante com formulação 02-20-20) e rodas compactadoras duplas em “V”, operando com 4 fileiras de semeadura espaçadas de 0,90 m, com largura útil de 3,6 m e profundidade de semeadura de 5 cm.

A força requerida na barra de tração foi medida utilizando-se célula de carga marca Shimizu, modelo TF 400, com capacidade de 100 kN e precisão de ± 1 N, instalada sobre um suporte entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora.

Para efetivar a medição foi necessário retirar o pino da barra de tração. As aquisições foram realizadas à frequência de cada segundo. Os dados foram obtidos em

kgf e convertidos para kN. De posse dos dados, calculou-se o valor médio da força de tração demandada em cada parcela experimental.

Tabela 01 - Temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) e média ($T_{\text{méd}}$), precipitação média diária e acumulada por período de desenvolvimento da cultura do amendoim em função dos dias após a semeadura (DAS).

Fases	DAS	T máx (°C)	T mín (°C)	T méd (°C)	Precipitação média diária (mm)	Precipitação acumulada (mm)
Emergência	0 - 7	29,67	18,91	23,75	18,81	131,70
Desenvolvimento	7 - 28	29,86	17,84	23,41	3,75	105,10
Florescimento	28 - 62	29,32	18,94	23,08	7,79	288,40
Enchimento de grãos	48 - 90	29,33	18,93	23,21	7,24	318,90
Maturação	90 - 120	30,49	18,81	23,93	4,03	120,90
Colheita	120-140	31,04	19,10	24,25	1,77	53,20

A força de tração de pico foi representada pelo maior valor de força obtida na parcela.

A potência de pico foi calculada utilizando-se da mesma equação para o cálculo da potência média, com a alteração de força de tração média para força de tração de pico.

Os sensores estavam conectados a um sistema de aquisição e armazenamento de dados (Micrologger Campbell Scientific, modelo CR23X), adquirindo dados à frequência de 1 Hz, obtendo aproximadamente 12 valores por parcela, sendo posteriormente transferidos via porta de comunicação serial para um computador, a fim de serem processados. Os sensores foram alimentados por uma bateria auxiliar.

A velocidade real de deslocamento foi determinada por meio de radar, marca Dickey John, modelo RVS II, com erro de $\pm 3\%$ para velocidades de 3,2 a 70,8 km h⁻¹, instalado na lateral esquerda do trator, fazendo ângulo de 45° com a superfície do solo, conforme recomendação do fabricante. O radar trabalha à frequência de 1 Hz. Considerou-se como velocidade real de deslocamento, a média obtida pelo radar no momento em que o trator estava em operação na parcela experimental. Os valores de velocidade foram obtidos em m h⁻¹ e convertidos para km h⁻¹.

A capacidade de campo operacional (CCO) foi obtida em função da largura de trabalho da semeadora-adubadora, velocidade de deslocamento e eficiência da máquina.

A patinagem dos rodados dianteiros e traseiros foi determinada da seguinte forma:

1. Numeraram-se com giz as garras dos pneus dos rodados dianteiros e traseiros do trator;

2. Com o conjunto em movimento, observou-se qual garra tocou o solo na estaca de entrada da parcela, o número de voltas realizadas pelo pneu, e a garra que tocou o solo na estaca de saída da parcela.

3. Com isso, determinou-se o número total de voltas e a fração de volta do pneu;

O consumo horário de combustível foi determinado em unidade de volume (mL), por meio da diferença entre os volumes de combustível medidos na alimentação da bomba injetora e no retorno, obtendo-se o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso. Para isso utilizou-se um sistema composto de dois conjuntos de medição, contendo um medidor de fluxo, marca Oval M – III, modelo LSF41 cada conjunto.

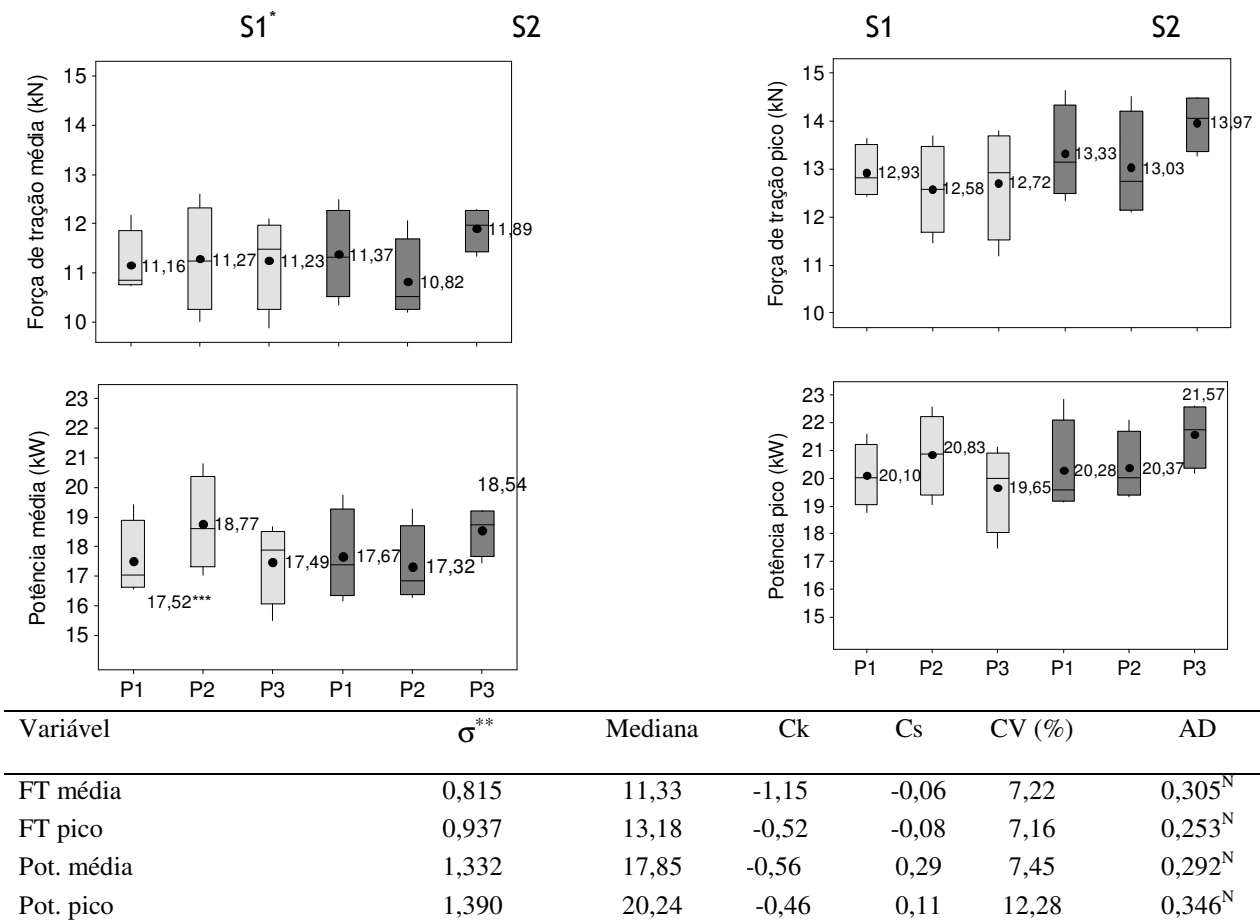
Os valores de fluxo de combustível foram obtidos de acordo com Lopes e Furlani (2003). O consumo operacional de combustível foi calculado com base na relação entre consumo horário e a capacidade de campo operacional.

Os resultados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa Minitab® 16, passando por análise exploratória (estatística descritiva) para verificar a normalidade dos dados, ou a necessidade da transformação para sua normalização, bem como a variabilidade e a ocorrência de dados discrepantes empregando-se os diagramas de caixas (boxplot). A averiguação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling, e quando assimétricos foram transformados para se atingir a normalidade, por meio da fórmula: $y' = 1/\sqrt{y}$. Realizou-se a análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F de Snedecor, com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva para as variáveis força e potência na barra de tração (média e de pico) apresentou distribuição normal segundo o teste de Anderson-Darling (Figura 1), apesar do leve achatamento da curva em relação à normal, demonstrado pelo coeficiente de curtose negativo para força de tração média.

Esses resultados demonstram que a operação foi realizada de forma homogênea, com proximidade da velocidade de deslocamento e profundidade de semeadura em todas as parcelas, e que o solo estava preparado de forma igual em toda a área experimental.



* Tratamentos: S1 (23 mm) e S2 (21 mm): Tamanho das sementes; P1 (10), P2 (14), P3 (18): densidades de semeadura (sementes m^{-1}).

σ^{**} – Desvio padrão; Ck – Coeficiente de Curtose; Cs – Coeficiente de assimetria; CV – Coeficiente de variação; AD – Teste de normalidade de Anderson-Darling (N: distribuição normal; A: distribuição Assimétrica); ● – Média aritmética.

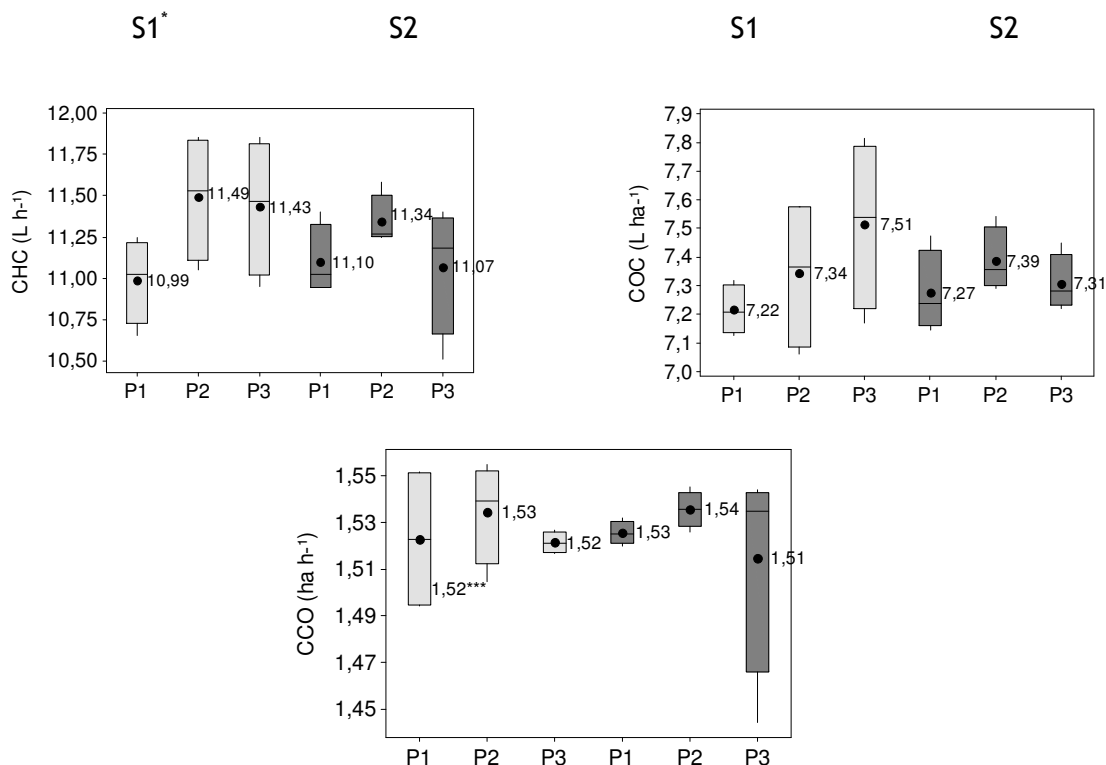
*** Ausência de letras indica a não significância entre os tratamentos.

Figura 1 - Estatística descritiva e teste de Tukey a 5% para força de tração e potência na barra de tração média e de pico na operação de semeadura de amendoim.

A estatística descritiva para consumo horário e operacional de combustível apontou distribuição normal dos dados. A capacidade de campo operacional apresentou distribuição assimétrica de acordo com o teste de Anderson-Darling (Figura 2), com alongamento da curva mais a esquerda, o que pode ser representado pelo coeficiente de assimetria negativo, indicando que há acúmulo de pontos acima da média, que tendem a se afastar da mesma. Observa-se também que os coeficientes de curtose foram positivos, indicando

distribuição leptocúrtica, ou seja, maior probabilidade que a normal de ter valores extremos e próximos à média, sendo a curva mais alongada do que a normal, porém, mesmo assim o coeficiente de variação foi considerado baixo conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002) uma vez que a variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude do seu coeficiente de variação (FREDDI et al., 2006).

Portanto, o consumo horário e operacional de combustível e a capacidade de campo operacional médios foram de 11,24 L h⁻¹, 7,34 L ha⁻¹ e 1,53 ha h⁻¹, respectivamente.



Variável	σ^{**}	Mediana	Ck	Cs	CV (%)	AD
CHC	0,344	11,25	-0,01	0,10	3,07	0,580 ^N
COC	0,192	7,29	0,25	0,88	2,62	0,469 ^N
CCO	0,023	1,53	5,19	-1,89	1,55	0,987 ^A

* Tratamentos: S1 (23 mm) e S2 (21 mm): Tamanho das sementes; P1 (10), P2 (14), P3 (18): densidades de semeadura (sementes m⁻¹).

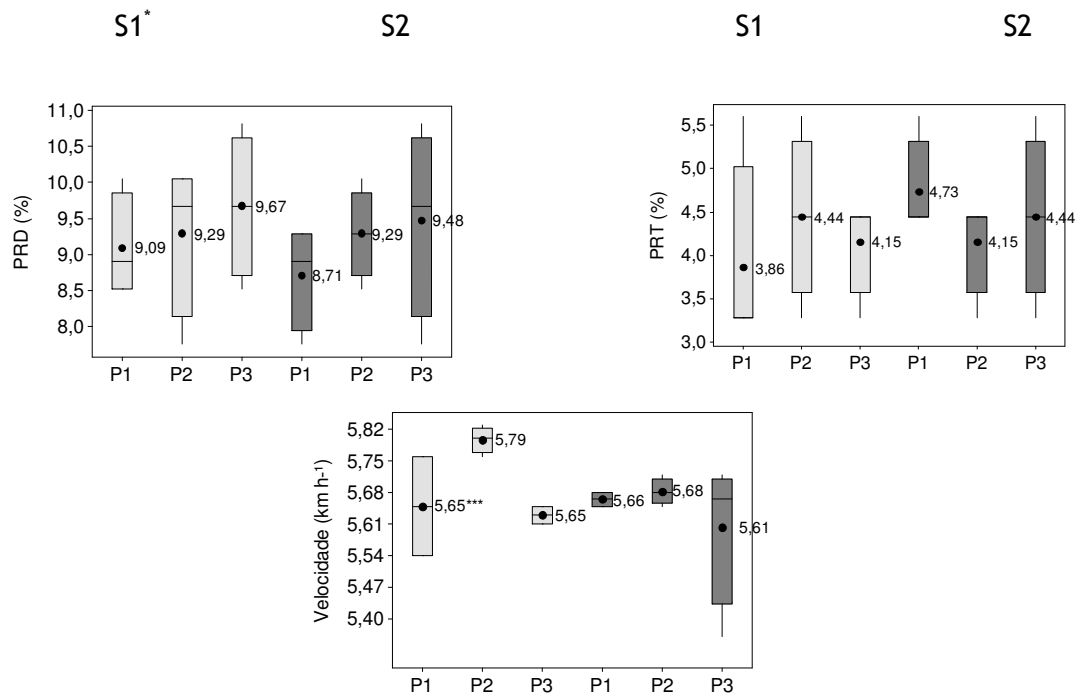
σ^{**} – Desvio padrão; Ck – Coeficiente de Curtose; Cs – Coeficiente de assimetria; CV – Coeficiente de variação; AD – Teste de normalidade de Anderson-Darling (N: distribuição normal; A: distribuição Assimétrica); ● – Média aritmética.

*** Ausência de letras indica a não significância entre os tratamentos.

Figura 2 - Estatística descritiva e teste de Tukey a 5% para consumo horário (CHC) e operacional de combustível (COC) e capacidade de campo operacional (CCO) na operação de semeadura de amendoim.

Para as variáveis velocidade de deslocamento, patinagem traseira e dianteira dos rodados do trator, somente esta última apresentou distribuição assimétrica dos dados segundo o teste de Anderson-Darling (Figura 3), entretanto o coeficiente de curtose foi próximo de zero, indicando leve achatamento da curva em relação à normal, e o coeficiente de variação considerado baixo segundo classificação de Pimentel-Gomes e Garcia (2002), o que reflete em menor dispersão do conjunto de dados.

A patinagem dos rodados traseiros para a operação de semeadura de amendoim apresentou média de 4,30% e dos dianteiros 9,25% para tracionar a semeadora utilizada. A patinagem dos rodados dianteiros do trator foi maior do que a dos traseiros, o que pode ser devido ao alto avanço cinemático que o trator poderia estar apresentando, e isso faz com que ocorra a elevação da patinagem dos rodados dianteiros (MONTEIRO et al., 2012).



Variável	σ^{**}	Mediana	Ck	Cs	CV (%)	AD
PRD	0,887	9,29	-0,63	-0,10	9,58	0,774 ^A
PRT	0,789	4,44	-0,65	0,16	18,36	0,648 ^N
Velocidade	0,028	1,58	3,55	-1,31	1,77	0,648 ^N

* Tratamentos: S1 (23 mm) e S2 (21 mm): Tamanho das sementes; P1 (10), P2 (14), P3 (18): densidades de semeadura (sementes m⁻¹).

σ^{**} – Desvio padrão; Ck – Coeficiente de Curtose; Cs – Coeficiente de assimetria; CV – Coeficiente de variação; AD – Teste de normalidade de Anderson-Darling (N: distribuição normal; A: distribuição Assimétrica); ● – Média aritmética.

*** Ausência de letras indica a não significância entre os tratamentos.

Figura 3 - Estatística descritiva e teste de Tukey a 5% para patinagem dos rodados dianteiros (PRD), patinagem dos rodados traseiros (PRT) e velocidade de deslocamento na operação de semeadura de amendoim.

4 CONCLUSÃO

✓ Não houve diferença entre os tratamentos no desempenho operacional do conjunto trator-semeadora, se mostrando como uma operação homogênea.

✓ A média geral de força média e de pico apresentaram valores de 11,29 e 13,09 kN e a potência média e de pico 17,89 e 20,47 kW, respectivamente.

✓ O consumo horário e operacional de combustível e a capacidade de campo operacionais médios foram de 11,24 L h⁻¹, 7,34 L ha⁻¹ e 1,53 ha h⁻¹, respectivamente.

✓ A velocidade média de deslocamento foi de 5,7 km h⁻¹, a patinagem dos rodados traseiros apresentou média de 4,30% e dos dianteiros 9,25% para tracionar a semeadora utilizada.

5 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS - ASABE. ASAE EP496.3 Agricultural machinery management. In: **ASABE standards 2006**. St. Joseph, 2006a. p. 385-390.
- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.
- ASABE. ASAE D497.5 Agricultural Machinery Management Data. In: **ASABE Standards 2006**. St. Joseph, 2006b. p.391-398.

BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 122-130, 2006.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N.; ZANETTI, L. A. Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de adubo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 4, p. 268-275, 2006.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26 p. 113-121, 2006.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Lavras, v. 5, n.1, p. 24-31, 2003.

MARTINS, R. Cultivares de amendoim: um estudo sobre as contribuições da pesquisa pública paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 37-49, maio, 2006.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. Avanço ideal. **Revista Cultivar Máquinas**, v. 10, n. 114, p. 30-32, 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Desempenho de trator agrícola atuando com 5% de biodiesel em operação de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 205-214, 2009.