
DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CONJUNTO MICROTRATOR-ROTOENCANTEIRADOR

NASCIMENTO, Elivania Maria Sousa¹
AMORIM, Marcelo Queiroz
ARAÚJO, Karla Lúcia Batista
CHIODEROLI, Carlos Alessandro
OLIVEIRA, Jean Lucas Pereira

Recebido em: 2016.04.10

Aprovado em: 2016.08.12

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1654

RESUMO: A necessidade de uma produção e produtividade maior fez com que o pequeno produtor buscasse outras formas de tração, assim, começou a surgir no campo os microtratores. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho operacional do conjunto microtrator-ROTOENCANTEIRADOR em função da rotação do motor e da marcha de trabalho e determinar a correlação entre as variáveis estudadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo, duas rotações do motor (800 e 1.300 rpm) e três marchas (1ª, 2ª e 3ª), com quatro repetições. O experimento foi realizado na área experimental pertencente à Universidade Federal do Ceará em superfície com solo mobilizado. Avaliou-se a patinagem, consumo horário de combustível, capacidade operacional teórica, capacidade operacional efetiva e eficiência de campo. A patinagem foi à única variável que não apresentou interação significativa entre rotação e marcha. Houve correlação positiva em quase todas as interações das variáveis correlacionadas. Com o aumento da rotação ocorreu redução da patinagem e do consumo de combustível, embora aumentasse a capacidade operacional teórica e de campo efetiva. No entanto, o aumento da marcha contribuiu para elevar o consumo de combustível e redução da patinagem.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Horticultura. Eficiência.

PERFORMANCE OPERATIONAL OF THE MICROTRACTOR-ROTOENCANTEIRATOR

SUMMARY: The need for production and increased productivity made small farmers seek other forms of traction thus began to emerge in the micro tractors field. The objective of this study was to evaluate the operational performance of micro tractor-ROTOENCANTEIRATOR set depending on engine speed and the working gear and determines the correlation between variables. The experimental design was completely randomized in a factorial 2 x 3, with two engine speeds (800 and 1300 rpm) and three gears (1st, 2nd and 3rd), with four replications. The experiment was conducted in the experimental area belonging to the Federal University of Ceará in surface soil mobilized. We evaluated the slippage, hourly fuel consumption, theoretical operational capacity, effective operational capacity and field efficiency. The slippage was the only variable that showed no significant interaction between rotation and working gear. There was a positive correlation in almost all interactions between the correlated variables. With increasing rotation was reduced slippage and the fuel consumption, though increase in theoretical and operational capacity. However, increased gear contributed to increased fuel consumption and reduced slippage.

Keywords: Family farm. Horticulture. Efficiency.

INTRODUÇÃO

A necessidade de uma produção e produtividade maior fez com que o pequeno produtor buscasse outras formas de tração, assim, começou a surgir no campo os microtratores como uma fonte de potência e uma forma de aperfeiçoar o trabalho agrícola.

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará

O microtrator é uma máquina de menor porte, empregada para dar suporte a diferentes sistemas de produção e com capacidade para minimizar o problema da escassez de mão de obra (RODRIGUES et al., 2006), sendo usado em países em desenvolvimento para preparação do solo seco ou encharcado, particularmente, utilizado em pequenas propriedades (DEWANGAN; TEWARI, 2009, MATTHEW, 2010).

A mecanização da agricultura, por meio de microtratores, exerce um importante papel no fortalecimento da agricultura familiar, no segmento da horticultura. O microtrator é muito utilizado acoplado ao rotoencanteirador para a confecção de canteiros. A falta de conhecimento sobre o desempenho dessas máquinas faz com que esses equipamentos sejam utilizados fora das recomendações, contribuindo para um maior consumo de combustível e conseqüentemente, na elevação dos custos de produção.

Os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela patinagem dos rodados, consumo de combustível e força de tração (MIALHE, 1996). Para conseguir executar as atividades em certos períodos, deve-se estudar as capacidades, de campo, teórica, efetiva e operacional, de modo a minimizar os erros na realização das operações a campo (CORTEZ et al., 2011).

A patinagem é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores, contribuindo para a diminuição da força de tração e aumento no consumo de combustível. Em tratores com tração 4x2, para se obter a máxima eficiência de tração, a patinagem deve ficar entre 8 a 10% para solos sem mobilização, 11 a 13% em solos revolvidos e de 14 a 16% em solos arenosos (ASABE, 2006).

A velocidade de trabalho altera o desempenho do trator, visto que afeta diretamente o consumo de combustível. Lopes et al. (2003) avaliaram o consumo de um trator em função da velocidade de trabalho e observaram que o aumento da velocidade reduziu o consumo específico. A avaliação direta do desempenho de tratores, em condições de campo, é obtida através da instrumentação e monitoramento, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator (CORDEIRO, 2000).

Para conseguir executar as atividades dentro de certos períodos, deve-se estudar as capacidades, de campo, teórica, efetiva e operacional, de modo a minimizar os erros quando da realização das operações a campo (CORTEZ et al., 2011). O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da rotação do motor e da marcha no desempenho operacional do conjunto microtrator-rotoencanteirador.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado na área pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza – CE. A área experimental está localizada em latitude 03°43' Sul e longitude 38°32' Oeste, a uma altitude de 19 m. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é tropical, tipo Aw', caracterizado pelas precipitações médias de 900 mm e temperaturas médias anuais de 28°C. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, textura franco arenosa (EMBRAPA, 2013). Os ensaios foram realizados em solo mobilizado, com 30 metros de comprimento e 72 metros de largura, totalizando 2.160 m².

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial (2 x 3), sendo; duas rotações do motor (800 e 1.300 rpm) e três marchas de trabalho (1^a, 2^a e 3^a marcha), com 4 repetições. Cada parcela experimental ocupou área de 30 x 3 m (90 m²). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 15 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização do conjunto microtrator-rotoencanteirador.

Como fonte de potência foi utilizado o microtrator, da marca Yanmar agritech, com potência nominal de 10,3 kW a 2.400 rpm, com massa total de 498 kg acopla ao rotoencanteirador, modelo TA49 com 750 mm de largura, profundidade do corte 200 mm, de acordo com o catálogo do fabricante. O microtrator foi instrumentado com sensores de rotação e sensores de consumo de combustível, conectados ao sistema eletrônico para contagem de pulsos, utilizando um microcontrolador da família do microchip 18F452. O circuito elétrico alimentado pela bateria do microtrator foi construído para levar a tensão da bateria ao sensor e posteriormente, ao sistema de contagem de pulsos.

Para determinação da patinação foram utilizados dispositivos constituídos por roda dentada (24 dentes) e sensores indutivos, modelo LM18 3008PA, acoplados as duas rodas motrizes, que realizaram a conversão de movimentos rotativos em pulsos elétricos, gerando 24 pulsos/volta. Com os sinais recebidos dos geradores de pulsos instalados nas rodas motrizes foi possível determinar a patinação, através da Equação 1.

$$Pat = \left\{ \left(\frac{npc - nps}{npc} \right) \times 100 \right\} \quad (1)$$

em que,

Pat: patinação (%),

nps: número de pulsos da roda sem carga (microtrator instrumentado sem comboio),

npc: número de pulsos da roda com carga (microtrator instrumentado acoplado ao comboio).

O consumo horário de combustível foi determinado utilizando dois fluxômetros da marca "Flowmate" oval, modelo M-III instalado próximo à saída do tanque de combustível do microtrator e retorno do bico para o tanque, com uma vazão de 1mL/pulso. O cálculo do consumo horário de combustível foi realizado através da Equação 2.

$$Ch = \left\{ \left(\frac{np1 - np2}{tp} \right) \times 3,6 \right\} \quad (2)$$

em que,

Ch: consumo horário de combustível (L h⁻¹),

np1: número de pulsos medido na saída do tanque,

np2: número de pulsos medido no retorno do bico para tanque,

tp: tempo de percurso (s), e

3,6: fator de conversão.

A capacidade operacional teórica (Equação 3) foi determinada a partir da largura de trabalho e da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado.

$$Cot = \left\{ \frac{V \times L}{10} \right\} \quad (3)$$

em que,

Cot: capacidade operacional teórica (ha h⁻¹),

V: velocidade de trabalho (km h⁻¹), e

L: largura de trabalho (m).

A capacidade de campo efetiva (Equação 4) foi calculado pela razão entre a área útil trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela.

$$Coe = \left\{ \left(\frac{At}{\Delta t} \right) \times 0,36 \right\} \quad (4)$$

em que,

Coe: capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹),

At: área útil da parcela trabalhada (m²),

Δt: tempo gasto no percurso da parcela (s), e 0,36: fator de conversão.

A eficiência de campo (Equação 5) foi calculada pela razão entre capacidade campo efetiva e capacidade operacional teórica.

$$ef = \frac{coe}{cot} \times 10 \quad (5)$$

em que,

Ef: eficiência de campo.

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, e quando significativos, realizou-se o teste de Tukey para comparação das médias utilizando o Software Assisat 7.6 beta (2011), em seguida, os dados foram submetidos à análise de correlação entre as variáveis.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resumos da análise de variância do desempenho operacional do conjunto microtrator-rotoencanteirador em função da rotação do motor e marchas de trabalho. Pode-se observar que as variáveis foram influenciadas pela rotação do motor (R) e marcha (M). Houve interação significativa (R x M) para o consumo horário de combustível (Ch), capacidade operacional teórica (Cot), capacidade de campo efetiva (Coe) e eficiência de campo (Ef), o que precisa dos desdobramentos para explicar os resultados.

Tabela 1. Resumo da análise estatística para patinagem (Pat), consumo horário de combustível (Ch), capacidade operacional teórica (Cot), capacidade de campo efetiva (Coe) e eficiência de campo (Ef).

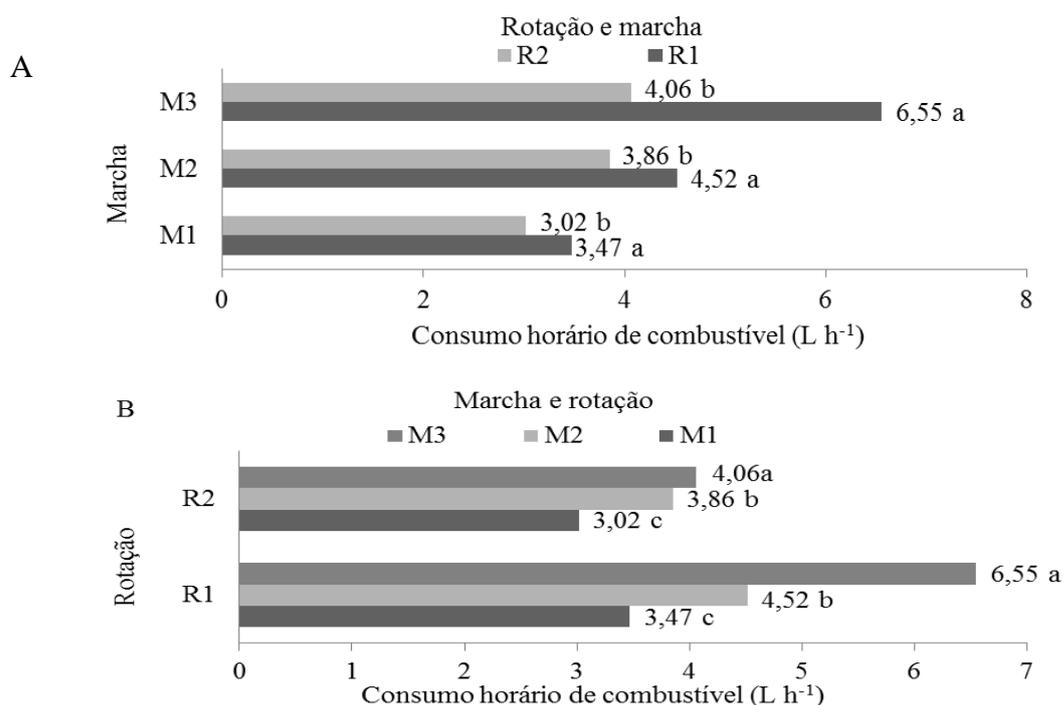
Causas de Variação	Pat (%)	Ch (L h ⁻¹)	Cot (ha h ⁻¹)	Coe (ha h ⁻¹)	Ef
Rotação (R)					
R1	14,52 a	4,84 a	0,073 b	0,057 b	77,58 a
R2	9,00 b	3,64 b	0,088 a	0,066 a	75,64 b
Marcha (M)					
M1	14,09 a	3,24 c	0,086 a	0,068 a	79,02 a
M2	11,67 b	4,19 b	0,078 b	0,061 b	77,19 b
M3	9,52 c	5,30 a	0,078 b	0,057 b	73,64 c
Teste F					
R	1048,92 **	2419,38 **	124,45 **	72,72 **	10708,80 **
M	240,34 **	2381,74 **	16,80 **	34,13 **	28370,42 **
R * M	0,54 ns	702,44 **	7,00 **	11,77 **	11835,62 **
DMS					
P	0,37	0,05	0,002	0,002	0,040
V	0,55	0,07	0,004	0,003	0,061
CV (%)	3,07	1,22	3,44	3,55	0,05

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01), *- significativo (p<0,05); ns- não significativo (p>0,05). DMS - diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

A Figura 1A e 1B mostra o desdobramento para consumo horário de combustível (Ch). Analisando o fator rotação marcha observa-se que o maior consumo de combustível foi obtido pela rotação de 800 rpm (R1). Já para o fator marcha e rotação, observou-se que os maiores consumo horário de combustível foi obtido pela 3ª marcha (M3).

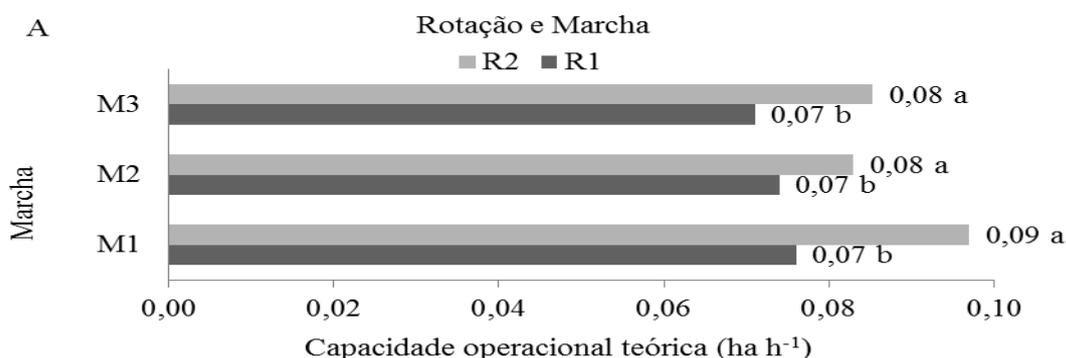
Lopes et al. (2003) avaliaram o consumo de combustível de um trator agrícola, operando com pneus (radial, diagonal e de baixa pressão) em duas condições de lastragem (com e sem água nos pneus) e quatro velocidades de trabalho. Os autores observaram que o aumento da marcha, proporcionou a elevação do consumo horário de combustível.

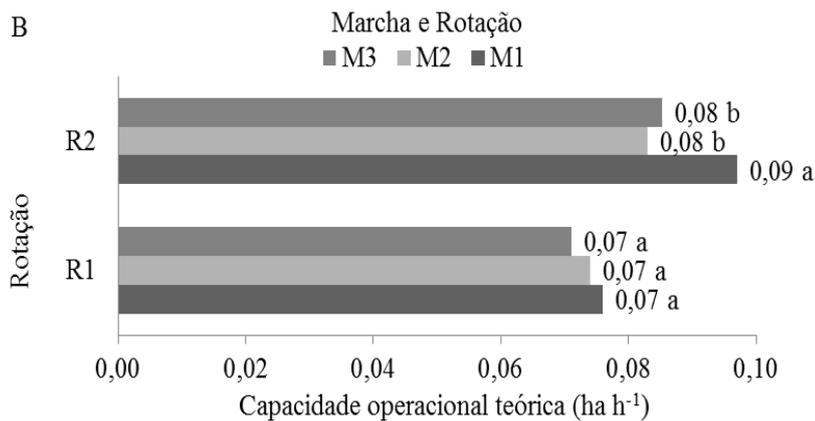
Figura 1. Desdobramentos das interações entre rotação (A) e marcha (B) para consumo horário de combustível (Ch).



A Figura 2A e 2B mostra o desdobramento para capacidade operacional teórica (Cot). Analisando o fator rotação e marcha é possível observar que as maiores capacidade foram obtidas na rotação de 1.300 rpm (R2). Analisando o fator marcha e rotação, observou-se que as maiores capacidade operacional teórica foram obtidas na 1ª marcha (M1).

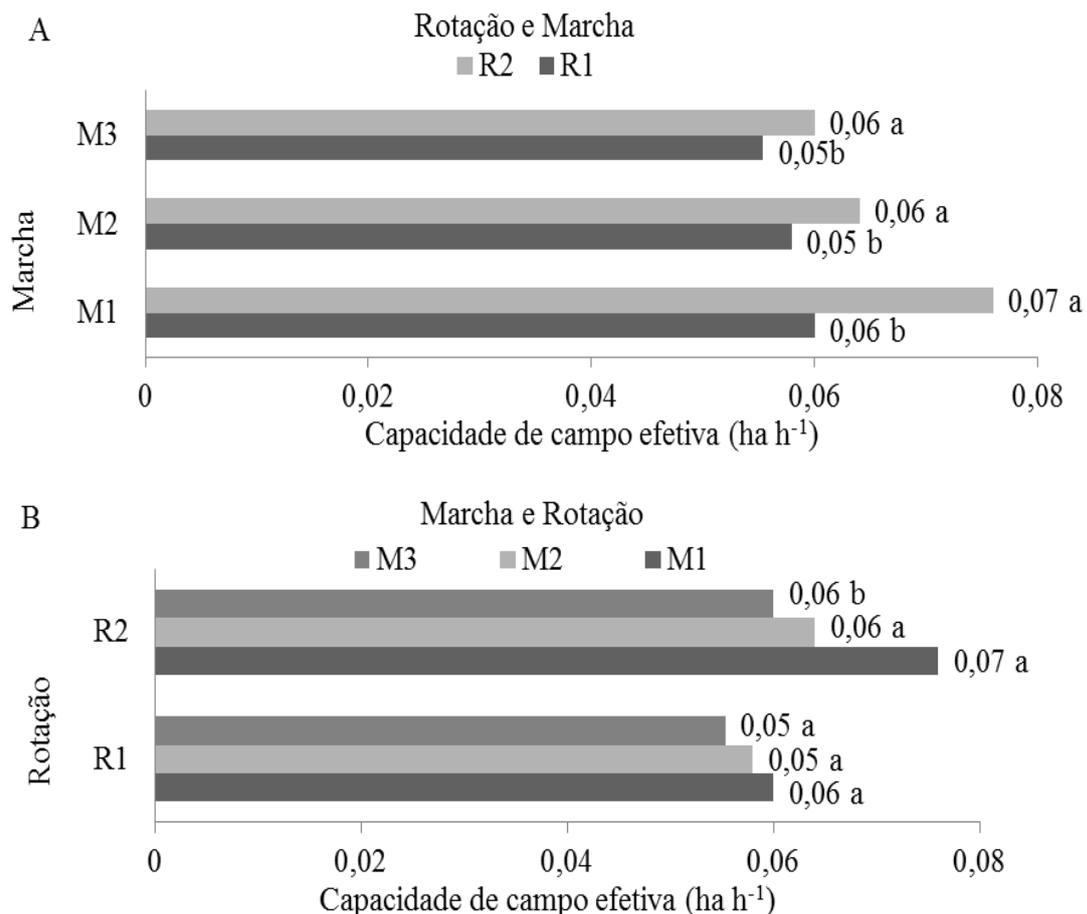
Figura 2. Desdobramentos das interações entre rotação (A) e marcha (B) para capacidade operacional teórica (Cot).



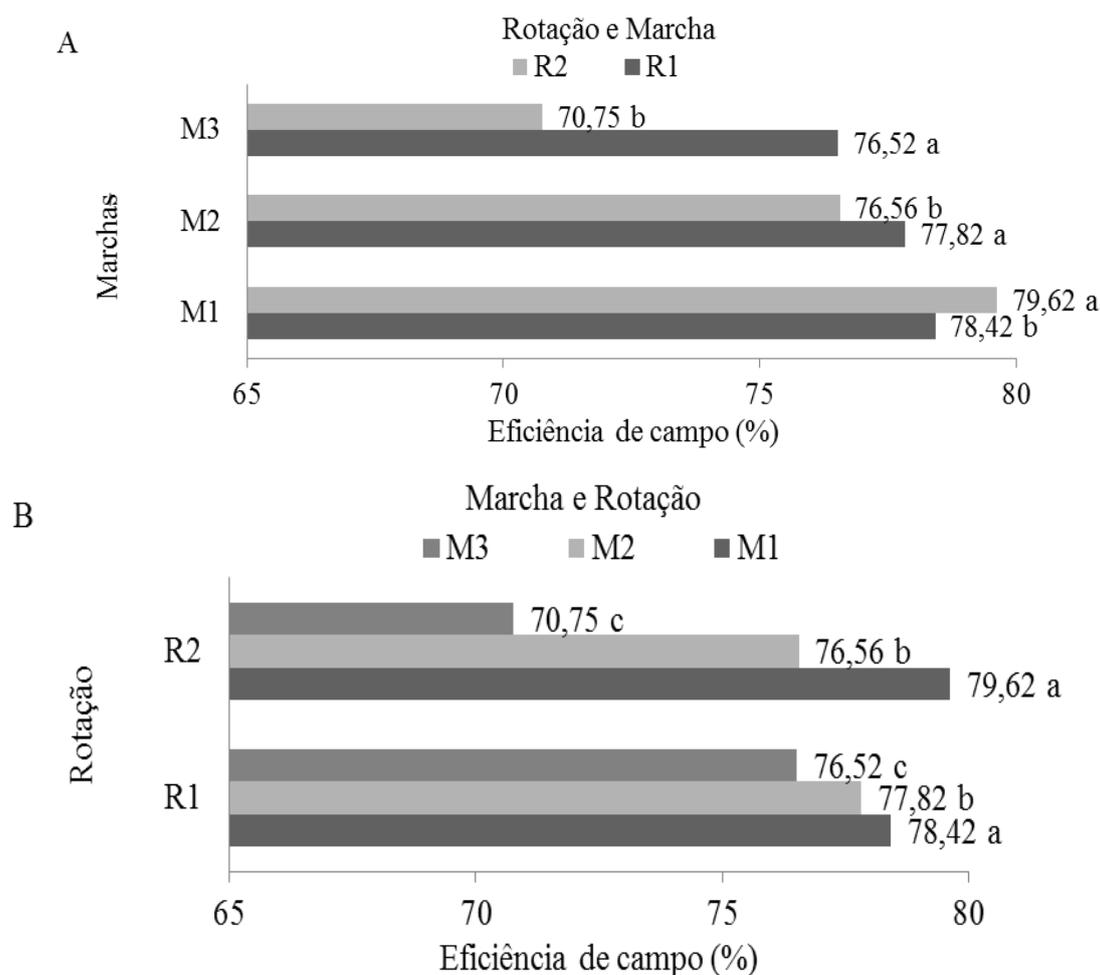


A Figura 3A e 3B mostra o desdobramento para a capacidade de campo efetiva (Coe). Analisando o fator rotação e marcha é possível observar que o aumento da rotação proporcionou uma maior capacidade de campo efetiva. Para o fator marcha e rotação, observou-se que a 1ª marcha (M1) obteve os maiores valores de capacidade de campo efetiva.

Figura 3. Desdobramentos das interações entre rotação (A) e marcha (B) para capacidade de campo efetiva.



A Figura 4A e 4B mostra o desdobramento para eficiência de campo (Ef). Analisando o fator rotação e marcha é possível observar que os maiores de eficiência de campo foi obtido na rotação de 800 rpm (R1), não diferindo da rotação de 1300 rpm (R2). Analisando o fator marcha e rotação (B), observou-se que a maior eficiência de campo foi obtida na 3ª marcha (M3).

Figura 4. Desdobramentos das interações entre rotação (A) e marcha (B) para eficiência de campo.

Na Tabela 2 encontram-se o resumo da análise de correlação simples das variáveis: patinagem (Pat), consumo horário de combustível (Ch), capacidade operacional de campo (Cot), capacidade de campo efetiva (Coe) e eficiência de campo (Ef). Ocorreu correlação negativa significativa entre o Ch x Pat, Ch x Coe, Ch x Cot nas rotações R1 e R2, enquanto que, entre o Ch x Ef ocorreu correlação positiva significativa.

Observa-se que houve correlação positiva em quase todas as interações entre as variáveis correlacionadas. Não ocorreu correlação entre o Coe x Cot na rotação de 800 rpm (R1) e entre o Cot x Ef na rotação de 1.300 rpm (R2). Quando a correlação é positiva, isso indica que as duas variáveis movem juntas, e a relação é forte, quanto mais à correlação se aproxima de um. A correlação negativa, indica que as duas variáveis movem-se em direções opostas, e que a relação também fica mais forte inversamente, quanto mais próxima de menos um, ou seja, a correlação positiva ocorre quando os valores das variáveis x e y são crescentes (em média), e a correlação negativa ocorre quando os valores da variável x é, em média, crescente e o da variável y, mostra-se decrescente (em média) ou vice-versa.

Tabela 2. Resumo das correlações significativas para análise gráfica para patinagem (Pat), consumo horário de combustível (Ch), capacidade operacional teórica (Cot), capacidade de campo efetiva (Coe) e eficiência de campo (Ef).

Correlação	Coeficiente de correlação (r)		Significância (R ²)	
	R1	R2	R1	R2
Ch x Pat	-0,96	-0,92	**	**
Ch x Coe	-0,67	-0,67	*	**
Ch x Cot	-0,67	-0,67	*	**
Ch x Ef	0,99	0,99	**	**
Pat x Coe	0,75	0,75	*	**
Pat x Cot	0,75	0,75	*	*
Pat x Ef	0,96	0,96	**	**
Coe x Cot	0,00	0,00	ns	**
Coe x Ef	0,72	0,72	*	**
Cot x Ef	0,72	0,72	*	ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p > 0,05$). R1 – Rotação (800 rpm); R2 - Rotação (1300 rpm).

CONCLUSÃO

A elevação da rotação na tomada de potência, proporcionou uma menor patinagem, contribuindo para o menor consumo de combustível e maior capacidade teórica e de campo efetiva. O aumento da marcha elevou o consumo de combustível.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos fabricantes de veículos Automotores. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/anfavea2011/>>. Acessado em: 25 de fevereiro de 2012.

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE EP496.3 368 Agricultural Machinery Management. **In:** ASABE Standards. St. Joseph, p.385-390, 2006.

CORDEIRO M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento.** 2000. 153 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, São Paulo, Botucatu, 2000.

CORTEZ, J. W. et al. Desempenho operacional do conjunto trator-implementos nas operações de preparo do solo. **Nucleus**, v.8, n.2, p. 177-184, 2011. Disponível em: < Issue DOI: 10.3738/1982.2278.577 >.

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 39, v.1, p. 239–245, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2008.08.007>>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. rev. atual. Brasília, 2013. 20p. Disponível em: <<http://server1.docfoc.com/uploads/Z2016/01/04/dPYPGwIY1r/df34f855c7edc99a4cb40f0a5191519d.pdf>>. Acesso em: 22 Out. 2016.

LOPES, A. et al. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p. 375-379, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000200033>. Acesso em: 22 Out. 2016.

MATTHEW, E. Two-wheel tractors: Road safety issues in Laos and Cambodia. **Safety Science**, v.5, n. 48, v. 5, p. 537–543, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2010.01.003>>.

MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas – **Ensaio e Certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.

RODRIGUES, D. E. et al. Desempenho de um microtrator utilizando-se motores com diferentes alternativas energéticas. **Acta Science Technology**, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v28i1.1286>>.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator**. Rio de Janeiro: Globo, 1987. 245 p.

