

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR DURANTE O TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR

ARTHUR GABRIEL CALDAS LOPES¹, PAULO C. FIRMINO², ALDIR C.
MARQUES FILHO³, TIAGO P. DA S. CORREIA⁴, PAULO R. ARBEX SILVA⁵

¹ Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, EA/UFG arthurlopes@ufg.br

² Eng. Agrônomo, Faculdades Integradas de Bauru

³ Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, DEA/UFLA

⁴ Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Faculdades de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, FAV/UNB

⁵ Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Depto. de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O objetivo do trabalho foi comparar o desempenho energético e operacional na atividade de transbordo de cana-de-açúcar em função grupos de marchas selecionado. Os parâmetros avaliados foram, consumo de combustível por tonelada transportada ($L t^{-1}$); consumo de combustível ($L ha^{-1}$), eficiência na operação de transbordo (Eot). Os dados foram coletados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$) onde verificaram-se diferença significativas entre os tratamentos. Foi possível concluir que ao utilizar uma marcha mais longa (C2) durante a operação de transbordo em solo plano houve uma redução significativa no consumo de combustível, bem como a otimização da operação trator transbordo.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum officinarum*, consumo de combustível, escolha de marchas

OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING SUGAR CANE TRANSHIPMENT

ABSTRACT: The objective of the work was to compare the energetic and operational performance in the sugarcane transshipment activity according to selected gear groups. The parameters evaluated were fuel consumption per ton transported ($L t^{-1}$), fuel consumption ($L ha^{-1}$), efficiency in transshipment operation (Eto). Data were collected and means were compared using the Tukey test at a 95% confidence level ($p \leq 0.05$) where significant differences were found between treatments. It was possible to conclude that when using a longer gear (C2) during the transshipment operation on flat ground there was a significant reduction in fuel consumption, as well as the optimization of the transshipment tractor operation.

KEYWORDS: *Saccharum officinarum*, fuel consumption, gear selection

INTRODUÇÃO: Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável pela produção de 654,5 milhões de toneladas, sendo 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol, valores obtidos na safra 2020/21 (NACHILUK, 2021). O consumo de combustível do trator representa índices elevados nas operações

agrícolas. Desta forma, é necessário que se faça a adequação e relação de vários fatores como: trator, equipamento, preparação de solo e também o treinamento do operador, objetivando otimizar o desempenho das máquinas e a redução do consumo energético (MONTANHA et al., 2012). Uma das formas de reduzir o custo de combustível é operar racionalmente as máquinas, em regimes de rotação baixos e maior controle do trator agrícola. Na cultura da cana-de-açúcar essa redução pode tornar-se significativa quando ajustados os tratores de transbordo para regimes de trabalho em marchas e rotações adequadas, o que corresponde até 15% a menos no custo das operações (MOLIN, 2004). A tomada de decisão do operador ao realizar uma operação específica é ponto essencial no desempenho energético do trator, visto que este é responsável por definir a relação da rotação do motor e a marcha de trabalho, sendo que a economia no consumo de combustível é significativa quando há uma redução na rotação do motor associada a utilização de uma marcha mais longa (GRISSE et al., 2010). Sendo assim, o objetivo do trabalho foi comparar o desempenho energético e operacional na atividade de transbordo de cana-de-açúcar em função grupos de marchas selecionado.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no período entre os dias 14 a 25 de setembro de 2021 em área destinada à produção de cana-de-açúcar da Fazenda São José, no município de Pirajuí, localizado na região Centro Oeste do estado de São Paulo. A área em questão pertence ao grupo Ipiranga Agroindustrial S/A, com sede localizada no município de Iacanga-SP. O canavial avaliado foi da variedade RB 86-7515, caracterizada como sendo de porte ereto, com espaçamento de plantio entre linhas de 1,5 m, sendo de terceiro corte com produção estimada em 50 toneladas ha⁻¹. Foi utilizado um trator John Deere, modelo 7200J, com tração 4x2 TDA de 147 kW de potência, com injeção direta, transmissão AutoQuadTM, equipado com pneus radiais da marca Michelin com medidas 710/70 R38 na traseira e 600/65 R 28 na dianteira, espaçados em 3,0 m afim de evitar o pisoteio das soqueiras. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo quatro tratamentos compostos por grupos de marchas para a operação de transbordo de cana-de-açúcar, T1: marcha B3, T2: marcha B4, T3: marcha C1 e T4: marcha C2, com seis repetições por tratamento, resultando em 24 parcelas experimentais dispostas de forma aleatória. Para os comandos do trator foi utilizada a central de controle de equipamentos CommandCenter, na qual realizam-se configurações como sistema de levante hidráulico, acionamento da tomada de potência, aceleração do conjunto e troca de marchas. Foi acoplado à barra de tração do trator uma carreta transbordo da marca TMA, modelo VTX 5022 com dimensões em milímetros de 3740 x 9810 x 3955 para largura, comprimento e altura, respectivamente, com capacidade volumétrica de 49,55 m³ e capacidade máxima de carga de 23000 kg. Foram coletados neste experimento os seguintes dados: consumo de combustível (L h⁻¹), tempo de carregamento do transbordo (minutos), distância de carregamento (metros) e o horário de início e fim do percurso de carregamento para os diferentes grupos de marchas mantendo a mesma velocidade de 5,5 km/h. Todos os dados foram coletados a partir dos carregamentos realizados, sendo que para cada grupo de marcha foram estipulados seis carregamentos, que compuseram as repetições. As coletas de rotações por minuto do motor e consumo de combustível, foram realizadas a partir de leitura direta no monitor do trator, as leituras foram realizadas a cada 10 segundos e os dados armazenados em planilha do software Excel. Os dados de tempo foram coletados com cronômetro digital enquanto a distância percorrida foi fixada em 1821 m, sendo este o comprimento de cada parcela. Após coleta dos dados foram realizados cálculos para definir os parâmetros de avaliação da operação, sendo estes, eficiência da operação de transbordo, consumo de combustível pela área trabalhada, consumo de combustível por tonelada transportada e custo com combustível por área trabalhada. Para determinar o consumo de combustível por área trabalhada (L ha⁻¹) e por tonelada colhida foram utilizadas as Equações 1 e 2 proposta por MIALHE (1974).

$$Cca = Ch/Cce \quad (1)$$

Em que,

Cca = consumo por área (L ha⁻¹),

Ch = consumo horário (L h⁻¹),

Cce = capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

$$Ct = Cca/P \quad (2)$$

Em que,

Ct = consumo por tonelada (L t⁻¹),

Cca = consumo por área (L ha⁻¹),

P = produtividade estimada do canavial.

Para determinação da eficiência da operação de transbordo (Eot), foi utilizada a Equação 3 proposta por MIALHE (1974).

$$EOT = Tc/Tt \times 100 \quad (3)$$

Em que,

Eot = eficiência da operação de transbordo (%),

Tc = tempo de carregamento (h),

Tt = tempo total (h).

Os dados coletados foram analisados com auxílio do software estatístico Agroestat (BARBOSA E MALDONADO, 2010) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (p≤0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os resultados para consumo por área trabalhada, consumo por tonelada transportada, eficiência na operação de transbordo e custo com óleo diesel durante a operação.

TABELA 1. Consumo de combustível por tonelada transportada (L t⁻¹), Consumo de combustível por hectare trabalhado (L ha⁻¹).

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	Consumo horário (L h ⁻¹)	Consumo por tonelada (L t ⁻¹)	Eot (%)
T1	9,9 d	0,17 d	80,7
T2	8,5 b	0,14 b	81,5
T3	8,7 c	0,15 c	85,2
T4	7,2 a	0,12 a	86,9
DMS	0,13	0,002	10,5
CV (%)	0,94	0,94	7,74

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna representam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS: diferença mínima significativa. CV (%): coeficiente de variação. Eot: eficiência da operação

Considerando os grupamentos de marchas, houve comportamento semelhante dentre as variáveis analisadas, exceto pela eficiência da operação, sendo que no T4 obteve-se uma diminuição no consumo de combustível por hectare trabalhado, apresentando uma diferença de 37,5% em relação ao T1 que se demonstrou a opção menos eficiente para a operação.

Comparando o T4 com T3 e T2, diferenças consideráveis foram observadas. De forma que ocorreu um aumento no consumo de combustível por toneladas de 20,8 e 13,4% entre os escalonamentos de marchas. Em relação ao consumo de combustível por tonelada transportada ocorreu o mesmo comportamento dos dados que a variável consumo por hectare trabalhado, pelo fato que as marchas B3, B4 e C1 apresentaram consumo entre 16 e 41% superiores a marcha C2. A seleção de marchas durante os procedimentos agrícolas influencia a quantidade de combustível que é consumida durante a operação. Essa informação corrobora os dados obtidos na Tabela 1, que confirmam que a utilização da marcha mais longa (C2) é capaz de manter o desempenho operacional sendo mais econômica do que os demais escalonamentos (KIM, CHUNG E CHOI, 2013). A variável eficiência na operação de transbordo foi a única que não diferiu significativamente entre os tratamentos, devido ao fato que a velocidade de operação foi constante em todos os tratamentos, portanto, a capacidade de campo efetiva não foi alterada e nenhum dos tratamentos apresentou eficiência de tempo distinta em relação aos demais.

CONCLUSÕES: A partir dos resultados é evidenciado que a forma como o trator agrícola é conduzido tem efeito direto no consumo energético. Utilizando o grupo de marchas C2 durante a operação de transbordo, houve uma redução significativa no consumo de combustível, bem como a otimização da operação, do equipamento e a redução do custo de combustíveis, sendo mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS: BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.1. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

GRISSE, R.; PITMAN, R.; PERUMPRAL, J.V.; ROBERSON, G.T. Gear up and Throttle down to Save Fuel. In Virginia Cooperative Extension; Virginia Tech.: Blacksburg, 2010.

KIM, Y. J.; CHUNG, S. O.; CHOI, C. H. *Effects of gear selection of an agricultural tractor on transmission and PTO load during rotary tillage. Soil & Tillage Research*, v. 134, p. 90-96, 2013.

MIALHE, L.G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301p.

MOLIN, J. P. Utilização de GPS em Agricultura de Precisão. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.3, p.121-132, 2004

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; HEUN, J.; LANÇAS, K. P. Consumo de Combustível de um trator agrícola em função do tipo de solo e da pressão de inflação nos pneus utilizando o equipamento can-teirador. **Energia na Agricultura.**, Botucatu, vol. 27, n.2, abril-junho, 2012, p.44-59.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1-5. 2021.