

## RELAÇÃO ENTRE MASSA E POTÊNCIA MOTORA DOS TRATORES AGRÍCOLAS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

**EDUARDA Y. AONO<sup>1</sup>, TIAGO R. FRANCETTO<sup>2</sup>, ALICE BALANSIN<sup>1</sup>, RAFAEL S.  
BECKER<sup>3</sup>, AIRTON DOS S. ALONÇO<sup>4</sup>**

1 Acadêmicas de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Campus – Cachoeira do Sul, RS. Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG). Endereço eletrônico: eduarda.yumi.aono@hotmail.com

2 Professor adjunto na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG).

3 Professor na Universidade de Santa Cruz do Sul. Doutorando em Engenharia Agrícola no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG).

4 Professor titular na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG).

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** O trator é responsável por exercer esforços de tração sobre as máquinas que realizam um trabalho agrícola, é a principal fonte de potência no campo. Sendo fundamental a seleção do modelo de trator que possua as configurações que se adequem melhor às atividades a serem realizadas na propriedade. O desempenho operacional de um trator agrícola está diretamente ligado à sua relação entre massa e potência. Assim, essa associação é extremamente relevante de ser analisada no momento da seleção, aquisição e na adequação do modelo para a execução das tarefas agrícolas na propriedade. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre massa de embarque e potência motora máxima dos tratores agrícolas comercializados no mercado brasileiro segundo as suas respectivas classes de potência (I, II, III e IV). Para o estudo, foi desenvolvido um banco de dados com as informações disponibilizadas pelos fabricantes de 18 marcas, totalizando 276 modelos analisados. Avaliaram-se os itens: massa de embarque, potência máxima e relação massa/potência. O valor médio obtido para a massa foi de 7.422 kg, para a potência de 125,20 kW e para a relação foi encontrado um valor de 59,92 kg kW<sup>-1</sup>. Além disso, verificou-se que a massa de embarque e potência apresentam uma relação linear proporcional. Conclui-se que os valores médios de massa/potência não variaram de forma significativa entre as categorias, sendo o menor valor verificado na categoria IV. A categoria I é a classe de tratores que apresenta a maior diferença técnica entre os modelos que a compõem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Peso, Seleção técnica, Classificação.

## RELATIONSHIP BETWEEN MASS AND MOTOR POWER OF AGRICULTURAL TRACTORS MARKETED IN BRAZIL

**ABSTRACT:** The tractor is responsible for exerting traction efforts on the machines that carry out agricultural work, they are the main source of power in the field. It is essential to select the tractor model that has the configurations that best suit the activities to be carried out on the property. The operational performance of an agricultural tractor is directly linked to its

relationship between mass and power. Thus, this association is extremely relevant to be analyzed at the time of selection, acquisition and adaptation of the model for the execution of agricultural tasks on the property. Thus, this study aimed to evaluate the relationship between loading mass and maximum motor power of agricultural tractors sold in the Brazilian market according to their respective power classes (I, II, III and IV). For the study, a database was developed with information provided by manufacturers of 18 brands, totaling 276 models analyzed. The following items were evaluated: shipping mass, maximum power and mass/power ratio. The average value obtained for the mass was 7,422 kg, for the power of 125.20 kW and for the ratio a value of 59.92 kg kW<sup>-1</sup> was found. Furthermore, it was found that the shipping mass and power have a proportional linear relationship. It is concluded that the mean mass/power values did not vary significantly between the categories, with the lowest value being observed in category IV. Category I is the class of tractors that presents the greatest technical difference between the models that comprise it.

**KEYWORDS:** Weight, Technical selection, Classification.

**INTRODUÇÃO:** O trator é responsável por exercer esforços de tração sobre as máquinas que realizam um trabalho agrícola, é a principal fonte de potência no campo. Sendo fundamental a seleção do modelo de trator que possua as configurações que se adequem melhor às atividades a serem realizadas na propriedade. Por isso, é importante se conhecer seus princípios de funcionamento e utilização para otimizar seu uso. O desempenho operacional de um trator está diretamente ligado à relação entre sua massa e potência. O peso do trator influi diretamente na recomendação e no seu desempenho a campo. Esta variável é, muitas vezes, característica do fabricante, induzindo a necessidade de informações comparativas entre os modelos (SCHLOSSER et al., 2005). Quanto menor for a massa do equipamento, menos se perderá por resistência ao rolamento, mas em trabalhos pesados, essa diminuição irá aumentar consideravelmente o patinamento. Dessa forma, a adequação desta associação torna-se extremamente relevante para a execução das tarefas sem sobrecarregar os sistemas que compõem a máquina (KIM et al., 2021), principalmente o de transmissão, compactar o solo (Md-Tahir et al., 2019) e garantir eficiência operacional (SHARMA & PANDEY, 2001). Outro ponto, segundo Monteiro, Lanças e Guerra (2011), é que para diferentes modelos de tratores, os valores médios de rendimento na barra de tração podem variar em função da relação entre o peso e a potência do motor. Atividades pesadas, as quais exigem grande força de tração, esta relação se mantém em torno de 60 kg kW<sup>-1</sup> (81,60 kg cv<sup>-1</sup>) e 35 kg kW<sup>-1</sup> (47,60 kg cv<sup>-1</sup>) para tarefas mais leves (FRANCETTO et al., 2011). Portanto, um equipamento que realiza distintas operações agrícolas em uma propriedade, precisa permitir a alteração de sua massa de forma a garantir que estas sejam executadas com eficiência. Contudo, muitas características são intrínsecas ao projeto e não podem ser alteradas ou reguladas pelos produtores, como a massa de embarque. Dessa forma, a escolha do trator e na aptidão de projeto de cada modelo é uma variável importante de ser analisada no momento da seleção técnica, visto que a relação entre o peso e a potência dos tratores agrícolas fabricados nacionalmente variam, basicamente, em função da marca, do modelo e da potência do motor (SCHLOSSER et al., 2005). Desta forma, é importante analisar as informações comparativas fornecidas por cada marca para realizar a seleção das máquinas. Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre massa de embarque e a potência motora máxima dos tratores agrícolas comercializados no mercado brasileiro, segundo as suas respectivas classes de potência (I, II, III e IV).

**MATERIAL E MÉTODOS:** A obtenção das variáveis qualitativas e quantitativas ocorreu através de pesquisa nos documentos técnicos disponibilizados nas páginas virtuais dos modelos atuais das linhas de fabricação e comercialização das dezoito principais marcas de tratores de rodas e esteiras no Brasil (Agrale, Agritech, Budny, CASE IH Agriculture, Fendt, Landini, John Deere, Jimma, Mahindra, Massey Ferguson, New Holland, Tramontini, Ursus, Valtra e Yanmar). Foram considerados os modelos padrões, sem a inserção de opcionais que poderiam modificar as características analisadas. Ao total, foram analisados 276 modelos, sendo que o número de modelos analisados por marca está ilustrado na Figura 1.

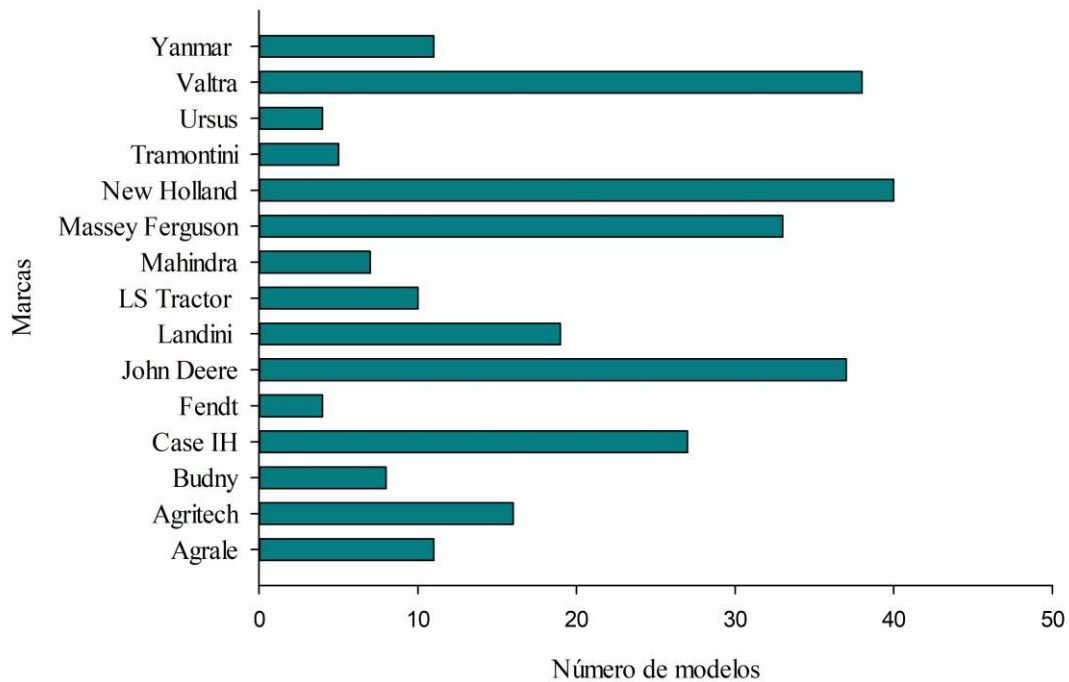


FIGURA 1. Número de modelos analisados por marca.

As informações técnicas referentes a massa de embarque (kg) e potência máxima motora (kW) que não constavam nestes locais, foram adquiridas através da busca direta com os fabricantes e concessionárias das marcas. Com relação a primeira, considerou-se o equipamento sem nenhuma adição de lastro (metálico ou líquido), presença de combustível na totalidade da capacidade do tanque e lubrificantes, sem a presença de uma massa adicional para considerar como um operador. Para a segunda, tendo em vista a adoção de diferentes normas para ensaio de motores pelos fabricantes, utilizou-se o valor de potência máxima informado por estes. Posteriormente, os dados foram organizados em uma planilha eletrônica, utilizando o software Excel<sup>®</sup>, separando os modelos por marca, potência, massa de embarque e a relação massa/potência. Atendendo a classificação dos tratores de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), os modelos foram classificados em classe I com potência de até 36,9 kW (50cv), classe II de 37 a 73,9 kW (50,30 a 100,50cv), classe III de 74 a 146,9 kW (100,60 a 199,80cv) e classe IV com potência superior a 147 kW (200cv).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O número de modelos por categoria analisada, bem como a média da massa de embarque e da potência motora máxima estão representadas na Tabela 1.

TABELA 1. Número de modelos, média da massa de embarque e da potência máxima por classes de potência analisadas. **Number of models, average shipping mass and maximum power per power class analyzed.**

Categoria	Modelos	Massa de embarque (kg)	Potência máxima (kW)
I	28	1.515,80	26,50
II	105	3.411,70	56,90
III	69	6.612,90	105,60
IV	74	15.438,60	277,80
Total	276	-	-

A classe de potência I foi a que apresentou o menor número de modelos analisados, representando aproximadamente apenas 10% das máquinas disponíveis no mercado brasileiro para o ano analisado. Na sequência de menor representatividade, com 25% do total, estão os tratores da classe III. Já tratores classe IV, com aproximadamente 27%, e os da classe II, com 38%, são as classes de potência com o maior número de modelos disponibilizados para os agricultores brasileiros. Corroborando com estes resultados, conforme Estrada et al. (2016), a classe de potência II é considerada a classe mais versátil para aplicações em diversas operações agrícolas, o que justifica o maior número de exemplares disponibilizados pelos fabricantes. Com relação a massa de embarque média, foi verificado um acréscimo aproximado de 100% da classe I para a II e da II para a III. Já para a classe IV, esse aumento foi de aproximadamente 140% em relação a classe anterior. Nesse sentido, por se tratar de uma característica ponderal intrínseca ao projeto e inalterável pelo usuário, o que elimina qualquer otimização desta variável no modelo adquirido, o processo de seleção precisa ser bastante criterioso e executado visando atender tecnicamente as demandas da propriedade com base nas recomendações técnicas levantadas. Comportamento semelhante foi constatado com a potência média por classe, apresentando um acréscimo médio geral de aproximadamente 120%. Decorrente desses dados, o comportamento médio da relação massa/potência por classes reflete na Figura 2.

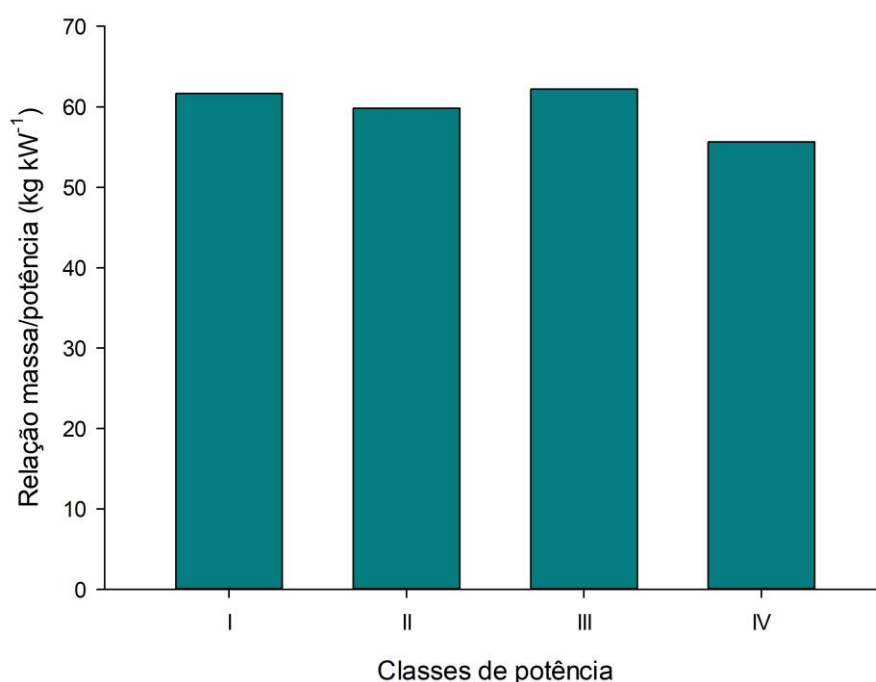


FIGURA 2. Média das relações massa e potência por classes.

Foi verificado que as classes I ( $61,63 \text{ kg kW}^{-1}$ ), II ( $59,84 \text{ kg kW}^{-1}$ ) e III ( $62,19 \text{ kg kW}^{-1}$ ) apresentam valores médios da relação bastante semelhantes, com aproximadamente  $61 \text{ kg kW}^{-1}$ . Já a classe IV, apresentou o menor valor médio, com  $57,27 \text{ kg kW}^{-1}$ , sendo este valor 6% menor que o observado por Francetto et al. (2011) em uma análise do mercado brasileiro em 2011. Nesse sentido, para as classes I, II e III foi verificado uma tendência média geral de aproximadamente  $60 \text{ kg kW}^{-1}$ , enquanto para este grupo de modelos em comparação a classe IV, verificou-se uma redução da variável. Schlosser et al. (2005), ao analisarem o peso específico de 106 tratores fabricados no Brasil em 2005, e Estrada et al. (2016), avaliando 145 modelos em 2016, também evidenciaram um decréscimo de relação massa/potência em função do aumento da potência motora, corroborando com os resultados obtidos. Nesse sentido, segundo Márquez (1990) e Renius e Stirnimann (2017) os tratores agrícolas estão se tornando cada vez mais leves de projeto, com isso, a relação massa/potência se torna mais reduzida, principalmente para máquinas de potências mais elevadas, corroborando com os resultados obtidos. Contudo, há a maior dependência da adição de lastro em operações de grande demanda de tração em que se faz necessário, conforme Shafaei, Loghavi e Kamgar (2020) e Moinfar et al. (2020), o incremento de massa para a redução do patinamento, o que segundo Damanauskas e Janulevicius (2015) melhora a capacidade de tração do trator. Todavia, em operações mais leves, permite que a máquina apresente menor dispêndio de energia com reduzido impacto nas características físicas do solo. Ademais, outra característica constatada foi que potência motora máxima e a massa de embarque dos modelos comercializados no país apresentaram um comportamento proporcional, podendo sua relação ser descrita através de uma equação linear pela equação  $y = -3,9896 + 0,0178x$ , conforme ilustrada na Figura 3.

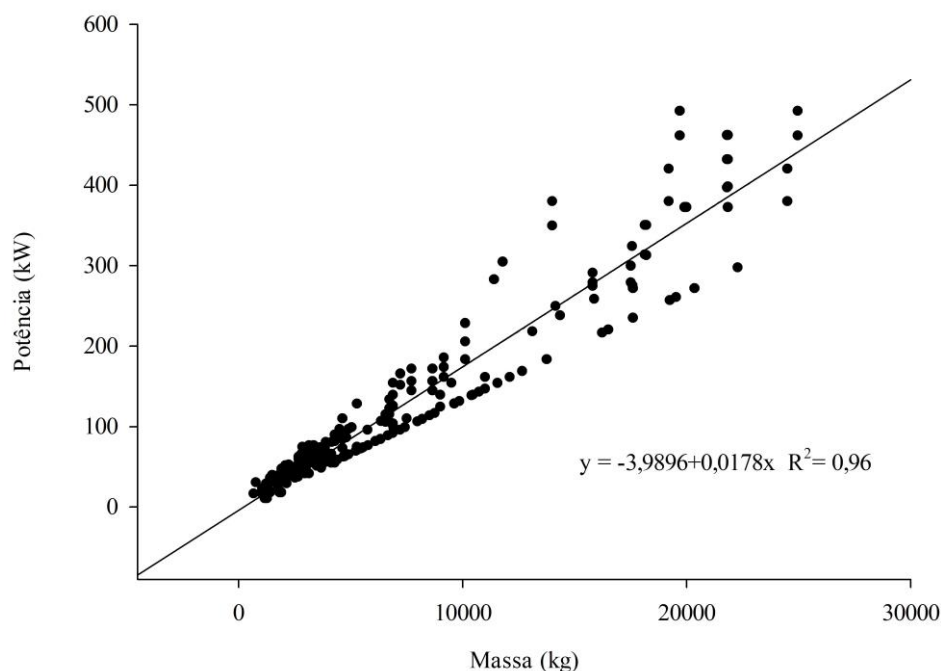


FIGURA 3. Relação linear da massa de embarque e da potência motora máxima.

O maior número de modelos no mercado brasileiro encontra-se presente na região abaixo de 10.000 kg e dos 200 kW. Além disso, verifica-se um comportamento de distribuição mais horizontal para esse grupo de modelos, o que demonstra que são equipamentos com maior variabilidade de massa do que potência dentro de uma mesma classe. Já nos demais pontos, essa distribuição é mais verticalizada, o que evidencia um maior acréscimo de potência. Como resultado, esses comportamentos refletem na relação massa/potência, ilustrada na Figura 4.

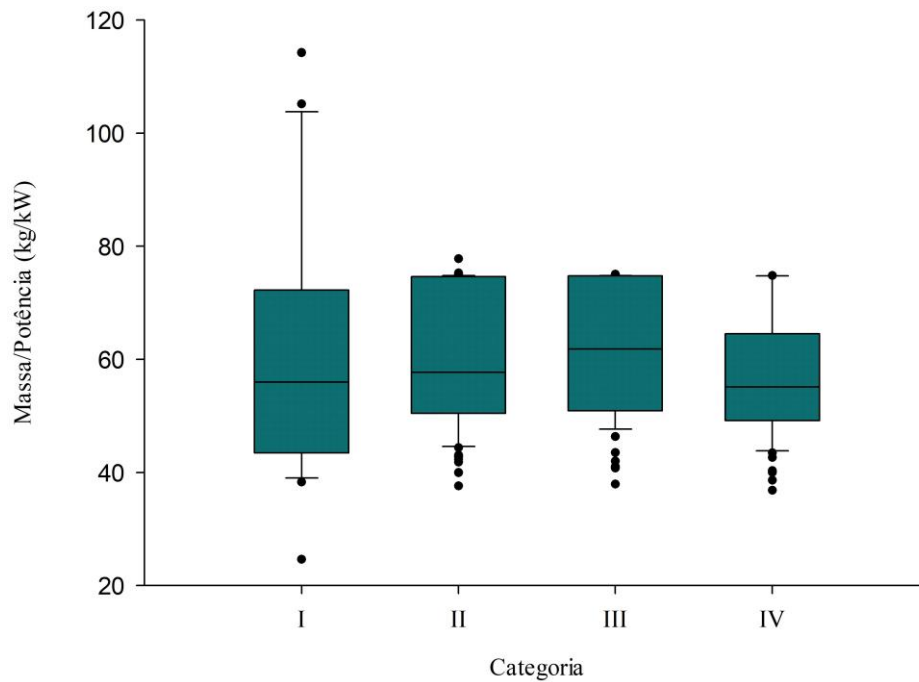


FIGURA 4. Distribuição dos modelos em função da massa e da potência.

A classe de potência I, referente aos tratores de até 36,90 kW, foi a que apresentou a maior variabilidade, apesar de apresentar o menor número de modelos, com uma amplitude de aproximadamente  $90 \text{ kg kW}^{-1}$ . Já a classe IV foi a categoria que apresentou a menor dispersão e mediana. Além disso, classes de maior potência motora (II, III e IV) a variação da relação permaneceu em aproximadamente  $38 \text{ kg kW}^{-1}$ . Por consequência, modelos de tratores pertencentes a estas classes apresentam a relação entre massa de embarque e potência motora mais semelhantes, independentemente da marca e/ou série analisada, fato este confirmado pela Figura 5.

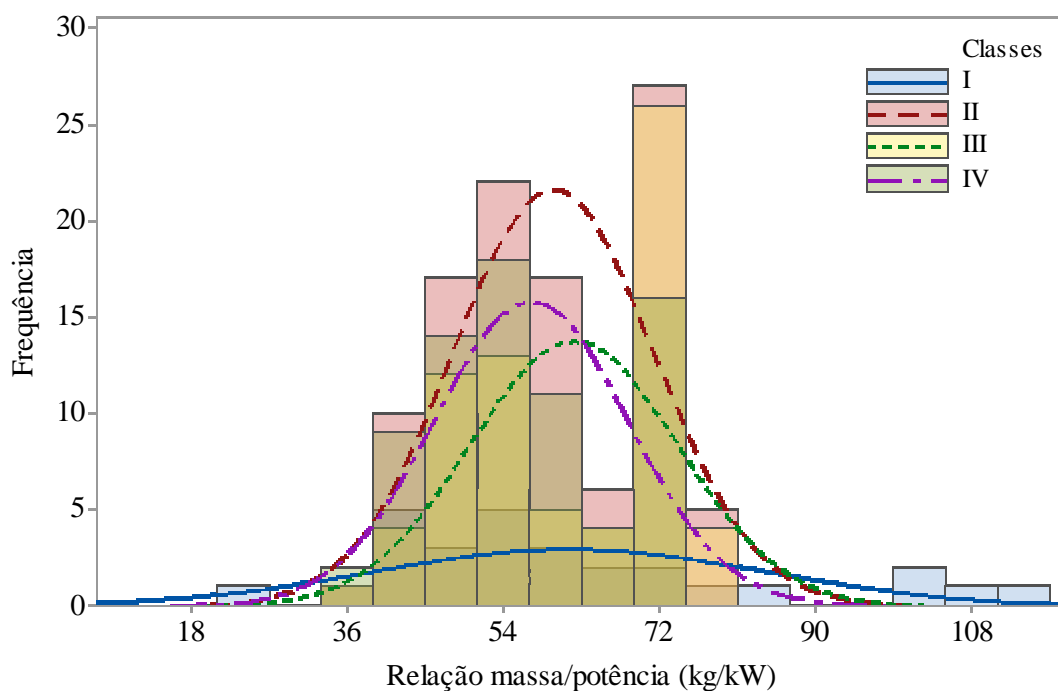


FIGURA 5. Distribuição de frequência da relação massa/potência

A distribuição ajustada da classe I é mais curta e ampla do que das demais classes de potência, devido ao seu maior desvio padrão. Desta forma, no momento da seleção de tratores categoria I, é necessária uma análise mais criteriosa por parte do usuário, com base no conhecimento profundo das necessidades de cada propriedade. Em suma, são máquinas adquiridas por pequenos produtores, atendendo atividades cotidianas mais diversas, o que justifica essa maior diferença entre modelos encontradas. Já a classe IV, apresentou a menor amplitude, visto que são equipamentos desenvolvidos com vistas a atender operações específicas, principalmente as de elevada demanda de tração.

**CONCLUSÕES:** A massa de embarque e potência apresentam uma relação linear proporcional. Os valores médios de massa/potência não variaram de forma significativa entre as categorias, apresentando uma média geral de  $59,92 \text{ kg kW}^{-1}$ . A categoria IV apresenta o menor valor médio e a classe I possui a maior variação técnica.

**AGRADECIMENTOS:** A Universidade Federal de Santa Maria.

#### **REFERÊNCIAS:**

DAMANAUSKAS, V.; JANULEVICIUS, A. Differences in tractor performance parameters between single-wheel 4WD and dual-wheel 2WD driving systems. **Journal of Terramechanics**, v. 60, p. 63-73, 2015.

ESTRADA, J. S. et al. Mass of agricultural tractors available in the Brazilian market. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1390-1394, 2016.

FRANCETTO, T. R. et al. Avaliação da relação peso/potência de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (TDA) conforme suas respectivas classes de potência. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 40, 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2011.

KIM, W. et al. Evaluation of the fatigue life of a tractor's transmission spiral bevel gear. **Journal of Terramechanics**, v. 94, p. 13-22, 2021.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 551-560, 2011.

MÁRQUEZ, L. **Solo Tractor '90**. Madrid: Laboreo, 1990. 198p. (Apuntes didácticos).

MD-TAHIR, H. et al. Rigid lugged wheel for conventinal agricultural wheeled tractors – Optimising traction performance and wheel-soil interaction in field operations. **Biosystems Engineering**, v. 188, p. 14-23, 2019.

MOINFAR, A.; et al. The effect of the tractor driving system on its performance and fuel consumption. **Energy**, v. 202, 117803, 2020.

RENIUS, K. T.; STIRNIMANN, R. Tractors 2016/2017. **ATZ offhighw worldw**, v. 10, p. 8-17, 2017.

SCHLOSSER, J. F. et al. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural**, v. 35, p. 92-97, 2005.

SHAFAEI, S. M.; LOGHAVI, M.; KAMGAR, S. Ascertainment of driving lead of tractor front wheels as loaded by draft force. **Measurement**, v. 165, 108134, 2020.

SHARMA, A. K; PANDEY, K.P. Matching tyre size to weight, speed and power available for maximising pulling ability of agricultural tractors. **Journal of Terramechanics**, v. 38, p. 89-97, 2001.