



# Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil<sup>1</sup>

**Gastão M. da Silveira<sup>2</sup> & Jacinto G. Sierra<sup>3</sup>**

## RESUMO

Atualmente, cresce o interesse global na economia de combustível fóssil e na redução das emissões de gases, por motivos econômicos e ecológicos. Neste trabalho se aplicou um método para classificação de tratores agrícolas, com base na sua eficiência energética, usando-se o consumo específico (em L kWh<sup>-1</sup>) como termo de comparação. O fator energético mais importante para essa máquina é o seu motor, seguido da transmissão. O trabalho se baseia no resultado dos ensaios de tratores realizados segundo normas brasileiras, tendo como modelo o código OECD, além de ser uma classificação de modelos de tratores fabricados no País. Os tratores movidos a álcool apresentaram consumo elevado de combustível. A metodologia permite a idéia de como os tratores se comportam, no que diz respeito à eficiência energética.

**Palavras-chave:** coeficientes, índices de consumo, coeficiente da transmissão

## Energy efficiency of Brazilian agricultural tractors

## ABSTRACT

Nowadays there is a growing global interest in saving fossil fuel and reducing gas emissions for economical and ecological reasons. This research applied a method of classification of agricultural tractors depending on their energy efficiency, using the specific fuel consumption (in L kWh<sup>-1</sup>) as a comparison. The most important energy factor in these machines is the engine, followed by the transmission. This research is based on results of the OECD tractor test and classifies tractor models, which have been principally sold in Brazil. The tractors fueled by ethanol presented a high level of fuel consumption. The methodology allows us to understand how tractors perform in terms of energy efficiency.

**Key words:** coefficient, consumption index, transmission coefficient

<sup>1</sup> Trabalho financiado com bolsa de Pós Doutorado pela – FAPESP

<sup>2</sup> Centro de Engenharia e Automação do IAC, C P 26, CEP 13201-970, Jundiá, SP. Fone: (11) 4582-8155, – Ramal 167. E-mail: [silveira@iac.sp.gov.br](mailto:silveira@iac.sp.gov.br)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Rural Universidade Politécnica de Madrid, Madrid, Espanha. Fone: (91) 3365861. E-mail: [jacinto.gil@upm.es](mailto:jacinto.gil@upm.es)

## INTRODUÇÃO

Há, no mercado, diversos modelos de trator; no momento da compra, a escolha do agricultor se baseia na potência, no conforto, na facilidade de manobra e na manutenção, além do preço. O conhecimento da eficiência energética do trator poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção.

Para conhecer a eficiência energética e comparar os diversos modelos, é necessário basear-se em ensaios normalizados e idênticos para todos os modelos. Os únicos ensaios realizados na maioria das estações mundiais são estabelecidos pelos códigos OECD; a única possibilidade de se comparar os tratores é a utilização dos ensaios OECD.

Os valores relativos à potência e consumo de combustível, são obtidos na tomada de potência do trator, por meio de um dinamômetro, enquanto no ensaio da barra de tração o trator traciona uma carga em uma pista de concreto.

Alicerçado nos ensaios na tomada de potência, pode-se obter o valor do consumo específico (kg ou litro de combustível por kW de potência), em diversos pontos do funcionamento do motor; esses pontos, nos quais se fazem os ensaios no dinamômetro, são os mesmos para todos os tratores e se referem ao percentual da potência e rotação do motor em relação à potência nominal.

No ensaio da barra de tração se determinam a força de tração e o consumo de combustível do trator, alternando-se as diversas marchas na caixa de câmbio, ao mesmo tempo em que se traciona uma carga obtendo-se, assim, dados de velocidade em diversas rotações. Quando o motor gira em determinada rotação, dividindo os valores obtidos de potência na barra de tração com aqueles da potência na tomada de potência, obtêm-se os diversos rendimentos da transmissão e a média entre eles; de posse dessas informações, tem-se os índices que representam a eficiência energética dos tratores.

ASABE (2005) estabeleceu uma estimativa do consumo médio anual dos tratores acionados por motor diesel.

Grisso et al. (2004) desenvolveram uma fórmula que permite a previsão do consumo de combustível de um trator C (L h<sup>-1</sup>) para qualquer velocidade do motor em qualquer carga introduzindo, como variáveis independentes, a redução da velocidade do motor em relação à nominal, assim como a potência desenvolvida também em relação à nominal.

De acordo com Siemens & Bowers (1999), os custos de combustível e lubrificante representam, no mínimo, 16%, chegando a atingir 45% dos custos totais das máquinas agrícolas, dependendo do tipo de combustível e do número de horas trabalhadas. Segundo Zoz & Grisso (2003), o principal ponto a ser observado nos tratores agrícolas é o desempenho na barra de tração; a potência na barra de tração é definida pelo produto da força multiplicada pela velocidade de deslocamento.

Hanson et al. (2003) determinaram diferentes valores de consumo de combustível para o mesmo tipo de trabalho, em marchas distintas, orientando os usuários a reduzirem o consumo.

O objetivo principal do presente trabalho foi: estudar índices relacionados à eficiência energética dos tratores, de acordo com dados de ensaios normalizados, fornecer aos agricul-

tores informações simples, úteis e práticas do ponto de vista energético sobre o que eles podem comprar; propõe-se, também, classificação de alguns tratores agrícolas fabricados no Brasil, conforme a eficiência energética, com base em dados de potência e consumo de combustíveis, obtidas de acordo com Normas ABNT baseadas em Normas OECD.

## MATERIAL E MÉTODOS

ASABE (2005) estabeleceu uma estimativa do consumo médio anual dos tratores acionados por motor diesel, de acordo com a seguinte equação:

$$\begin{aligned} Q_{avg} &= 0,223 * P_{pto} \\ Q_{avg}: L h^{-1} \quad P_{pto}: kW \end{aligned} \quad (1)$$

em que Ppto é a máxima potência do trator na tomada de potência, correspondendo ao ponto c) na Figura 1.

Equação de Grisso et al. (2004):

$$\begin{aligned} C(Lh^{-1}) &= (0,22X + 0,096)[1 - (-0,0045X * RV \\ &\quad + 0,00877RV)]N_n \end{aligned} \quad (2)$$

X – quociente entre a potência fornecida pelo motor em cada ponto e a potência nominal (decimal);

RV – redução da velocidade do motor em qualquer condição em que o acelerador não está no máximo, em relação à velocidade que teria na máxima aceleração, fornecendo a mesma potência (%).

Nn – a potência nominal do trator (kW) medida através da tomada de potência.

A potência na TDP é calculada por meio do torque e da velocidade, enquanto na barra de tração é obtida através da força na barra e da velocidade de deslocamento. Para o cálculo dos índices da Eq. 2 leva-se em conta a eficiência do motor através da tomada de potência e dos ensaios na barra de tração.

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos consultando-se relatórios de ensaios do Centro de Engenharia e Automação, do Instituto Agrônomo de Campinas, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (antiga Divisão de Engenharia Agrícola), e boletins publicados pelo antigo CENEA (Centro Nacional de Engenharia Agrícola), do Ministério da Agricultura.

Nos ensaios se utilizaram as seguintes normas: para determinação do desempenho na tomada de potência, a NBR 13400 ABNT (1995) e desempenho na barra de tração, a NBR 10400 ABNT (1995), ambas baseadas no Código 2 para ensaio normalizado de tratores da OECD (2007).

Na Tabela 1 se encontram as marcas, modelos e potência do motor dos tratores estudados.

Para o estudo da eficiência energética, Sierra et al. (2006a) propõem a existência dos índices (Cg, Cj, e Cjt) com base na eficiência do motor, através de ensaios realizados na tomada de potência e da transmissão efetuada em pista de concreto.

Tabela 1. Marca e modelos dos tratores considerados

Tratores Marca/Modelo	Potência (kW)	Local do Ensaio
Valmet 68	34,74	CEA
Valmet 785 C	51,25	CEA
Valmet 880	52,2	CENEA
Valmet 88 Especial	52,3	CENEA
Valmet 118 - 4	66,67	CEA
Valmet 1180 - 4	79,09	FINLANDIA
Valmet 118-4	85,1	CENEA
Valmet 118	85,59	CENEA
Valmet 138 - 4	88,5	CENEA
MF 235 Estreito	28,79	CEA
MF265	35,03	CEA
MF 290 4WD	51,99	CENEA
MF 290 Motor Alcool	52,85	CENEA
MF 290 Motor Alcool	52,61	CEA
MF 296	67,7	CEA
MF 297 - 4WD	68,8	CEA
MF 3090	68,9	CEA
MF 292 4 WD	78,78	CEA
MF 275 4WD	54,79	CEA
MF 299 4 WD	88	CEA
CBT 2070 Cafeeiro	31,11	CEA
CBT 8220	42,13	CENEA
CBT 8440	43,7	CENEA
CBT 8240 Motor Alcool	49,83	CENEA
CBT 8860 4 WD	65,82	CENEA
CBT 8260	70,08	CEA
Ford 4610	38,03	CENEA
For 5600	47,13	DEA
Ford 5610	48,22	CENEA
Ford 6600	54,68	CEA
Ford 6610	56,01	CENEA
Ford 7610	63,2	CEA
Ford 7610 4 WD	66,7	CEA
Ford 7610 4WD	71	CEA
Ford 7610	72,2	CEA
YANMAR 1050 4WD	24,1	CEA
YANMAR 1040	25,11	CEA
AGRALE 4300	17,89	CENEA
AGRALE DEUTZ BX 90	53,59	CEA
AGRALE DEUTZ BX 4.130	83,32	CEA
MAXION 9170 Rodado Duplo	110,57	CEA
MAXION 9150	101,46	CEA
MAXION 9150 Rodado Duplo	108,63	CEA
Santa Matilde 500 CR	52,43	CENEA

### Índice da eficiência do motor na velocidade nominal (Cg)

Este índice se baseia nos resultados do ensaio da tomada de potência, girando-se o motor na velocidade nominal, exercendo a carga máxima, em cinco cargas parciais até a potência zero, quando estão o regulador deixa de atuar (dados a) (Figura 1). Resultado obtido a partir dos trabalhos apresentados por Grisso et al. (2004), nos quais os autores contemplam o efeito das cargas parciais sobre o consumo específico do motor.

$$C_g = \frac{\sum_{i=1}^5 C'_{espi}}{5} \quad (3)$$

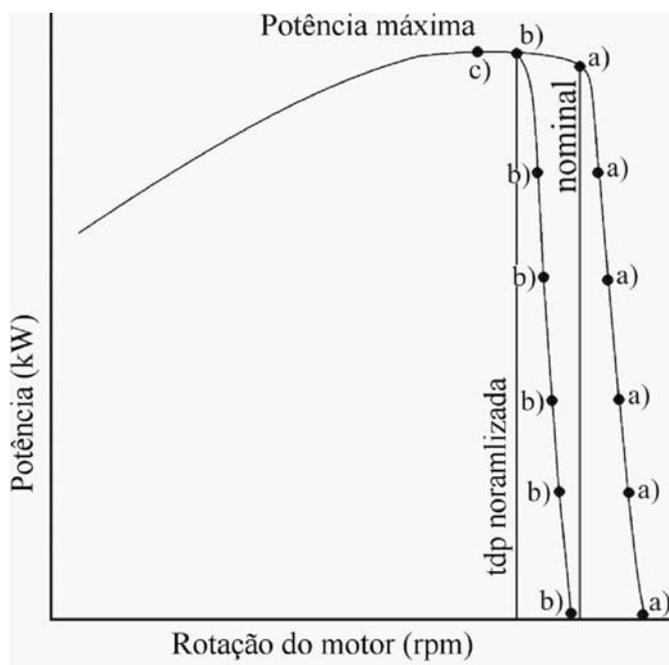


Figura 1. Pontos ensaiados através da tomada de potência nos quais se mede a potência, torque, rotação do motor e consumo de combustível

em que,  $C'_{espi}$  - cargas parciais.

O índice  $C_g$  é a média ponderada do consumo entre todos os pontos medidos no dinamômetro, com a vantagem de que é baseado no ensaio de pontos que se encontram em todos os boletins de ensaio, porém se leva em conta apenas o consumo na região de atuação do regulador, estando o motor na aceleração máxima.

### Índice da redução da velocidade do motor e do consumo específico (Cj)

Este índice é a média ponderada do consumo específico entre alguns pontos da tomada de potência obtidos no dinamômetro, representando a eficiência do motor; ele estabelece a relação entre a redução da velocidade do motor e a redução do consumo específico entre os pontos de mesma potência.

A expressão matemática é a seguinte:

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^5 C_{espi} + 2 \sum_{i=6}^{10} C_{espi}}{15} \quad (4)$$

No cálculo de  $C_j$  se utiliza o consumo específico médio dos pontos assimilados na Figura 2 e se multiplica o consumo nos pontos 8,9,6 7 e 10 por 2, considerando-se que possuem uma frequência de utilização maior que os pontos de 1 a 5. ; para obtenção dos consumos específicos nos pontos 1, 2, 10 (Figura 2) se aplica a equação de Grisso et al. (2004)

Deste modo se obtém um consumo específico médio em  $L kWh^{-1}$ , com base nos pontos mais frequentes de utilização do motor, sendo perfeitamente válido para a realização de estimativas comparativas da eficiência energética.

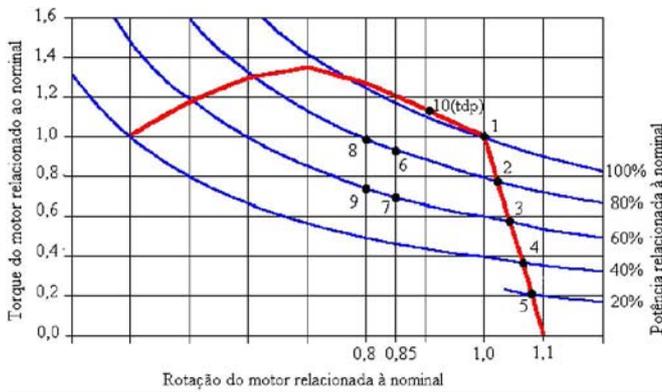


Figura 2. Pontos de consumo específico considerados para calcular o índice  $C_j$ .

**Relação entre os índices  $C_g$  e  $C_j$**

Sierra et al. (2006a) estudaram a relação  $C_j$  e  $C_g$ , para 180 modelos de tratores, sendo a equação de regressão:

$$C_j = 0,5366C_g + 0,1198 \quad (5)$$

Portanto, em todos os modelos de trator dos quais se conhece o índice  $C_g$ , pode-se calcular o valor  $C_j$  aplicando-se a Eq. 5

**Índice da eficiência da transmissão ( $C_{jt}$ )**

A distribuição dos tempos de trabalho dos tratores pode agrupar tarefas como adubação, tratamento fitossanitário e colheita e aquelas de tração em velocidades lentas (inferiores a 8 km h<sup>-1</sup>) e mais rápidas, originando os dados da Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição das horas de funcionamento anual do parque de tratores na Espanha, de acordo com a utilização da potência do motor

Potência CV	Distribuição do número de horas trabalhadas por tipo de trabalho (%)		
	Tomada de potência	Tração < 8 km h <sup>-1</sup>	km h <sup>-1</sup>
<30	37,14	29,43	32,82
30-49	34,97	34,61	30,42
50-69	35,26	34,16	30,58
70-89	31,70	37,23	31,07
90-109	25,68	42,92	31,40
110-129	27,50	43,14	29,36
130-150	19,48	46,94	33,58
>150	12,43	57,47	30,10

O valor do índice  $C_j$  obtido para cada trator, deve ser modificado levando-se em conta a influência de transmissão. Para se realizar esta modificação de acordo com a informação apresentada na Tabela 2, recomenda-se dividir o valor do índice  $C_j$  de cada modelo, em duas partes proporcionais ao tempo que o trator dedica a cada tipo de trabalho; isto é em uma na qual predominam trabalhos lentos e outra em trabalhos rápidos, dividida pelo valor médio dos coeficientes  $\zeta$ , calculados para tais velocidades.

As atividades de trabalho dos tratores foram agrupadas em três categorias: nas tarefas nas quais se uti-

lizam: a tomada de potência, trabalhos na barra de tração com velocidades menores que 8 km h<sup>-1</sup> e trabalhos na barra de tração a velocidades superiores a 8 km h<sup>-1</sup>. O valor do índice  $C_j$  é dividido em partes proporcionais à percentagem do tempo durante o qual o trator é usado na tomada de potência, barra de tração em velocidades menores que 8 km h<sup>-1</sup>, e velocidades superiores a 8 km h<sup>-1</sup>.

$$C_{jtdp} = C_j \times \frac{\% \text{ do tempo trabalho na tdp}}{100} \quad (6)$$

$$C_j < 8 \text{ km h}^{-1} = C_j \times \frac{\% \text{ do tempo trabalho } < 8 \text{ km h}^{-1}}{100} \quad (7)$$

$$C_j > 8 \text{ km h}^{-1} = C_j \times \frac{\% \text{ do tempo trabalho } > 8 \text{ km h}^{-1}}{100} \quad (8)$$

O novo índice da eficiência da transmissão é:

$$C_{jt} = C_{jtdp} + \frac{C_j < 8 \text{ km h}^{-1}}{\eta < 8 \text{ km h}^{-1}} + \frac{C_j > 8 \text{ km h}^{-1}}{\eta > 8 \text{ km h}^{-1}} \quad (9)$$

Sendo  $\zeta < 8 \text{ km h}^{-1}$  e  $\zeta > 8 \text{ km h}^{-1}$ , a média dos valores dos coeficientes  $\zeta$ , medidos em cada trator abaixo e acima de 8 km h<sup>-1</sup>, se baseia na eficiência do motor e da transmissão; deste modo, pode-se usar  $C_{jt}$  como índice para a classificação de tratores, de acordo com sua eficiência energética.

**Cálculo dos índices  $C_g$ ,  $C_j$  e  $C_{jt}$**

Para obtenção desses coeficientes usou-se um Programa de Computador em Linguagem Basic com os seguintes dados: marca e modelo do trator, correção das potências medidas no trator em função das condições atmosféricas do local onde o ensaio foi realizado e cilindrada do motor em litros.

Principais etapas do cálculo:

a) uso dos dados dos ensaios na tomada de potência: rotação do motor (rpm), potência (kW), consumo (kg h<sup>-1</sup>) e consumo (L h<sup>-1</sup>), temperatura, °C, umidade (%), pressão atmosférica em (kPa), e aumento de pressão produzida pelo turbo (kPa).

b) dados dos ensaios na barra de tração: rotação do motor (rpm); potência (kW); velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>), eficiência (kWh L<sup>-1</sup>); deslizamento (%), temperatura ambiente (°C), umidade relativa (%) e pressão (kPa).

c) uma vez processados os dados, o programa fornece: potência nominal em condições atmosféricas normalizadas, reta de regressão que expressa o consumo em função da carga do motor na região de atuação do regulador equação geral do consumo na região do regulador, com o motor todo acelerado em função do percentual da potência nominal, índice  $C_g$  nas condições atmosféricas normalizadas; consumo (L h<sup>-1</sup>) a velocidades e cargas do motor reduzidas, cálculo do índice  $C_j$ ; relação entre a potência no eixo, potência na tomada de potência e rendimento, coeficiente médio da transmissão a baixas velocidades; coeficiente médio de transmissão a altas velocidades e cálculo do índice  $C_{jt}$ .

Em determinados modelos de trator e com o valor do índice  $C_g$ , o índice  $C_j$  pode também ser calculado usando-se a Eq. 5. Em outros modelos de trator, tendo-se o índice  $C_j$ , o

coeficiente  $C_{jt}$  pode ser calculado aplicando-se a Eq. 9 e a Tabela 2., em função de trabalhos realizados na tomada de potência, Uma vez que a potência é fator condicionante para o estudo da eficiência energética, ela deve ser utilizada para estabelecer a distinção entre os diversos modelos de tratores; assim, no desenvolvimento da classificação da eficiência energética não se deve comparar apenas o valor do índice  $C_{jt}$  dos tratores mas, também, considerar o valor  $C_{jt}$  relacionado à potência.

Sierra et al. (2006b) estudaram a relação entre o coeficiente  $C_{jt}$  e a potência nominal, para 206 tratores, dividindo-os em sete categorias com cinco cores e cinco letras, em que a verde correspondia aos valores mínimos e a cor vermelha aos valores máximos.

O código de cores escolhido neste trabalho foi definido por Sierra et al. (2006b), conforme o Ministério da Indústria e Comércio da Espanha (Tabela 3); nele são apresentados os percentuais das diversas cores que definem as letras de A a E.

**Tabela 3** . Código de cores utilizado na classificação

Código	Va (%)	Rp (%)	Am (%)	Pr (%)
A	70	0	100	0
B	30	0	100	0
C	0	0	100	0
D	0	30	100	0
E	0	70	100	0

Va: Verde azulado; Rp: Roxo; Am: amarelo; Pr: preto

Definiu-se um limite contínuo, fixado em função do valor da potência nominal; para isto, empregou-se a Estatística Experimental e o programa Microsoft Office Excel, e se determinou a curva de regressão que estabelece, de maneira mais exata possível, a relação entre  $C_{jt}$  e a potência nominal.

Diversas são as possibilidades de intervalo a ser usados na classificação do consumo cuja escolha vai depender da finalidade de utilização. Considerando-se as diferenças entre os diversos valores de  $C_{jt}$  e com o objetivo de que a classificação da eficiência energética divida os tratores em 5 grupos, decidiu-se adotar intervalos de variação de 7 em 7% do consumo médio, expresso pela linha de regressão, superior e inferior 'a linha média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

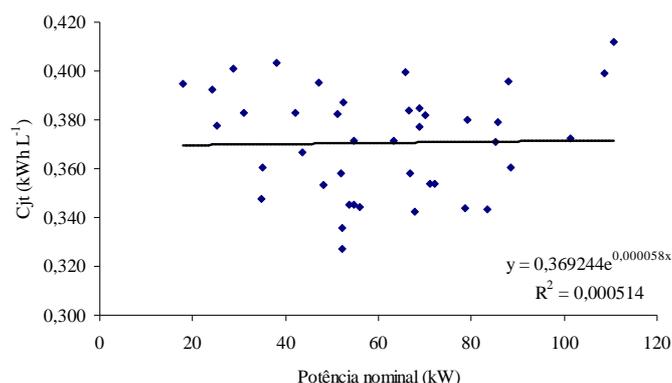
A indústria brasileira de tratores, instalada no País em 1960, é uma caixa preta, não admitindo qualquer tipo de discussão comparativa de potência das marcas e modelos de sua fabricação. Os boletins usados na classificação também eram utilizados para fazer a homologação de tratores junto ao Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) Ministério da Indústria e do Comércio. Com os relatórios de ensaio os fabricantes conseguiam financiamento de suas máquinas junto à rede bancária, mas, por pressão dos fabricantes, houve mudança na política industrial, pas-

sando-se a adotar a autocertificação e o Código de Defesa do Consumidor.

Observa-se, na Figura 3, um conjunto de pontos de coordenada Potência nominal/ índice  $C_{jt}$ ; a linha média que melhor representa a tendência desses pontos, é a exponencial que tem, por equação:

$$Y = 0,369244e^{0,000058x} \quad (10)$$

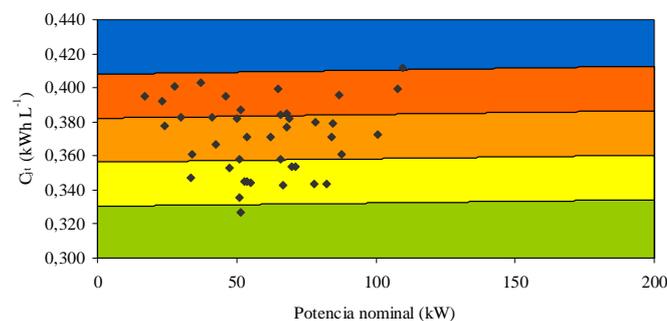
sendo X - potência nominal



**Figura 3**. Coordenadas dos valores Potência Nominal – índice  $C_{jt}$ ( $\text{kWh L}^{-1}$ ) para os modelos de tratores estudados

Mesmo sendo baixo o valor de  $R^2$ , não deve ocorrer problema algum com a metodologia, haja vista que esta curva não trata de ajustar os valores de  $C_{jt}$  mas estabelecer uma tendência para comparar o valor  $C_{jt}$  de cada modelo, localizando-se acima ou abaixo da média.

A Figura 4 está dividida em 5 faixas, em que a faixa central tem, como limite superior, o valor médio  $C_{jt}$  expresso pela Eq. 10, aumentado em 3,5% e, para o limite inferior, o valor médio  $C_{jt}$  expresso pela fórmula 10, também reduzido em 3,5%, enquanto a faixa imediata superior chega ao valor médio incrementado em 10,5%, mais alta deste limite em diante; por isso, a faixa intermediária inferior à central tem, como limite inferior, o valor médio reduzido em 10,5%, a mais baixa, portanto, deste limite em diante.



**Figura 4**. Classificação energética em função do  $C_{jt}$  e da potência nominal

De acordo com a metodologia, os tratores se classificam em função do valor  $C_{jt}$  dentro do intervalo de potência nominal correspondente, ressaltado na Figura 5, cujos pontos se referem a tratores fabricados e ensaiados no Brasil.

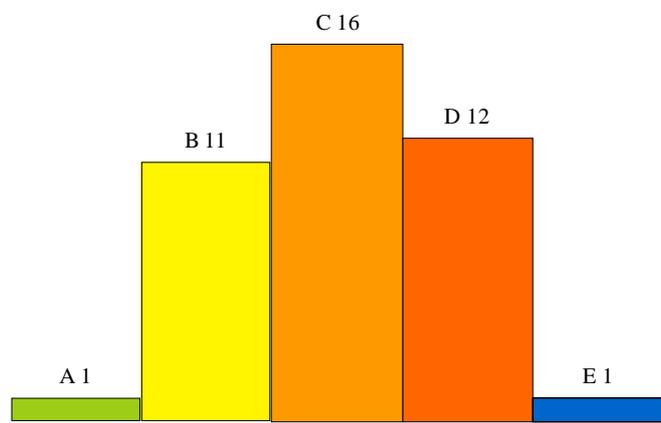


Figura 5. Distribuição dos modelos estudados por categoria em função de sua eficiência energética de 10,5%

Tabela 4. Valores do coeficiente Cjt . Classificação de tratores a óleo diesel

Tratores Marca/Modelo	Potência (kW)	Cjt	Categoria
Valmet 88 Especial	52,3	0,327	A
Valmet 880	52,2	0,3356	B
MF 296	67,7	0,3426	B
AGRALE DEUTZ BX 4.130	83,32	0,3432	B
MF 292 4 WD	78,78	0,3436	B
Ford 6610	56,01	0,3445	B
MF 275 4WD	54,79	0,3451	B
AGRALE DEUTZ BX 90	53,59	0,3453	B
Valmet 68	34,74	0,3475	B
Ford 5610	48,22	0,3531	B
Ford 7610 4WD	71	0,3537	B
Ford 7610	72,2	0,3538	B
MF 290 4WD	51,99	0,3581	C
Ford 7610 4 WD	66,7	0,3582	C
MF265	35,03	0,3606	C
Valmet 138 - 4	88,5	0,3607	C
CBT 8440	43,7	0,3666	C
Valmet 118-4	85,1	0,3711	C
Ford 7610	63,2	0,3712	C
Ford 6600	54,68	0,3714	C
MAXION 9150	101,46	0,3724	C
MF 297 - 4WD	68,8	0,3772	C
YANMAR 1040	25,11	0,3775	C
Valmet 118	85,59	0,3789	C
Valmet 1180 - 4	79,09	0,3798	C
CBT 8260	70,08	0,3817	C
Valmet 785 C	51,25	0,3823	C
CBT 8220	42,13	0,3827	C
CBT 2070 Cafeeiro	31,11	0,3829	D
Valmet 118 - 4	66,67	0,3838	D
MF 3090	68,9	0,3847	D
Santa Matilde 500 CR	52,43	0,3872	D
YANMAR 1050 4WD	24,1	0,3923	D
AGRALE 4300	17,89	0,3949	D
For 5600	47,13	0,3952	D
MF 299 4 WD	88	0,3958	D
MAXION 9150 Rodado Duplo	108,63	0,3992	D
CBT 8860 4 WD	65,82	0,3996	D
MF 235 Estreito	28,79	0,401	D
Ford 4610	38,03	0,4033	D
MAXION 9170 Rodado Duplo	110,57	0,412	E

Apenas um trator está classificado na categoria A como o mais eficiente e 1 na categoria E, como o menos eficiente. Surgem 11 na B, 16 na C e 12 D; assim, o número de modelos classificados em cada categoria segue uma distribuição normal

A potência do trator classificado na categoria A, é de 52,3 kW; os da categoria B variam de 34,74 a 83,32 kW; na C, de 25,11 a 101,46kW; na D, 24,1 a 108,63 kW e na E, 110,57 kW.

Procurou-se ordenar os tratores acionados a óleo diesel em diversas categorias, em função da marca, modelo, da potência do motor e do coeficiente Cjt (Tabela 4)

Em virtude de se basear na linha média de regressão inclinada, a classificação não permite uma comparação entre os modelos dentro de cada faixa; outro fator é que fica difícil comparar os modelos dentro de cada faixa, sendo que as potências são diferentes. Têm-se, na Tabela 5, os coeficientes Cjt para tratores com motor diesel adaptado para uso de álcool.

Tabela 5 . Valores do coeficiente Cjt para tratores movidos a álcool

Marca/Modelo	Potência (kW)	Cjt	Local do Ensaio
MF 290	52,61	0,5157	CEA
MF 290	52,85	0,5987	CENEA
CBT 8240	49,83	0,5989	CENEA

A escolha do valor da faixa do intervalo é uma decisão que depende do objetivo que se pretende atingir com o uso da classificação, caso em que o valor escolhido foi de 7%. A metodologia permite uma idéia de como os tratores se comportam, no que diz respeito à eficiência energética.

O trabalho é inédito em razão da potência de tratores fabricados e comercializados no Brasil, ensaiados segundo normas internacionais.

Os coeficientes de 0,5157 a 0,5989 estão bem acima dos obtidos no acionamento com óleo diesel, que variam de 0,327 a 0,412; a idéia do uso do álcool em tratores foi abandonada; hoje, o combustível alternativo preferido são derivados de óleos vegetais.

### CONCLUSÕES

1. O trator mais eficiente é o Valmet 88 Especial e o menos eficiente é o Maxion 9170 Rodado Duplo.
2. Em virtude de se basear na linha média de regressão, inclinada, a classificação não permite fazer comparação entre os modelos dentro de cada faixa; outro fator é a dificuldade em se comparar os modelos em cada faixa, sendo as potências diferentes.
3. Os motores diesel adaptados a álcool apresentam consumo muito elevado; a preferência é o uso de mistura de biodiesel com diesel.
4. Nos intervalos escolhidos o número de modelos classificados em cada categoria segue uma distribuição normal, uma vez que existe um modelo na categoria mais eficiente A, um trator na menos eficiente E e diversos nas intermediárias B, C e D.

## LITERATURA CITADA

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10400. Trator agrícola. Determinação do desempenho na barra de tração. Método de ensaio. São Paulo: ABNT, 1995a. 4p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR13400. Determinação do desempenho na tomada de potencia. Método de ensaio São Paulo: ABNT, 1995b. 4p.
- ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Agricultural machinery management EP 496.2 Standards 2005. 52ª edition. St. Joseph: ASABE. 2005. 4p.
- Grisso, R. D.; Kocher, M. F.; Vaughan, D. H. Predicting tractor fuel consumption. *Applied Engineering in Agriculture*, v.20, n.5 p.553-561, 2004.
- Hanson P. A. M.; Lindgren, M.; Nordin M.; Petersson, M. A methodology for measuring the effects of transient loads on the fuel efficiency of agricultural tractors. *Applied Engineering in Agriculture*, v19, n.3, p.251-257, 2003.
- OECD - Organisation For Economic Co-Operation And Development . Standard codes for the official testing agricultural and forestry tractors. Code 2. <http://www.oecd.org./document/10/0,3343.html>. 30 Nov. 2007.
- Siemens, J. C; Bowers. W. W. Machinery management: how to select machinery to fit the real needs of farm managers. Farm Business Management (FMB) series, East Moline: John Deere Publishing, 1999. 5p.
- Sierra, J. G; Ortiz-Canãvate, J.; Gil-Quirós, V.; Casanova, J. Energy efficiency in agricultural tractors. A methodology for their classification. In: CIGR World Congress, 16, 2006, Bonn. Resumos... Bonn: CIGR, 2006a. p.111-112.
- Sierra, J. G.; Ortiz-Canãvate, J.; Gil-Quirós, V.; Casanova, J. Agricultural tractor classification according to their energy efficiency. St. Joseph: ASABE, 2006b. 13p. Paper n 0610205.
- Zoz, F.; Grisso, R. D. Traction and tractor performance. ASAE Distinguished lecture Series, 27. St. Joseph: ASAE, 2003.5p.