



## DESEMPENHO DO CONJUNTO TRATOR-EQUIPAMENTO EM SISTEMAS DE PREPARO PERÍODICO NO ARGISSOLO AMARELO<sup>1</sup>

Hideo De Jesus Nagahama<sup>2</sup>, Jorge Wilson Cortez<sup>3</sup>, Wisy Alves Pimenta<sup>4</sup>, Antônio Pereira Patrocínio Filho<sup>5</sup> & Elder Barboza De Souza<sup>6</sup>

**RESUMO:** O trabalho objetivou avaliar o desempenho do trator agrícola em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento. O experimento foi conduzido no Campus de Ciências Agrárias da UNIVASF, em Argissolo Amarelo num delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições (blocos); constituído por quatro sistemas de preparo do solo aplicados nas parcelas - grade tandem mais arado de aiveca, grade off-set de discos com 0,56 m, grade off-set de discos com 0,61 m e grade tandem mais escarificador, enquanto que nas subparcelas aplicou-se quatro velocidades de deslocamento na mobilização do solo: 2,45 km h<sup>-1</sup>; 3,88 km h<sup>-1</sup>; 5,72 km h<sup>-1</sup> e 6,50 km h<sup>-1</sup>. Avaliaram-se: largura e profundidade efetiva de trabalho, ruído no posto do operador, capacidades de campo, rendimento de campo teórico, variação da velocidade de trabalho e força de tração e potência estimadas. Os valores de ruídos estiveram acima do limite estabelecido pela legislação para todos os sistemas de preparo do solo. A maior largura de trabalho ocorreu para os sistemas de preparo de menor profundidade de trabalho, no caso as grades, que apresentaram maior capacidade de campo, como força de tração e potência estimados. O aumento de velocidade proporcionou incremento na capacidade de campo efetiva e operacional, na variação da velocidade, como na força de tração e potência estimados, mas reduziu o rendimento de campo teórico.

**PALAVRAS-CHAVE:** capacidade de campo, manejo de solo, mecanização agrícola.

### PERFORMANCE OF THE TRACTOR IN FUNCTION SOIL TILLAGE SYSTEMS AND FORWARD SPEED

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to evaluate performance of the tractor in function soil tillage systems and forward speed. The experiment was conducted at the Campus Agricultural Sciences of the UNIVASF, under Vertisol in randomized blocks with split plots and four replications (blocks); consisting of four tillage systems applied to the plots – disc harrow tandem more moldboard plow, harrow disc off-set of 0.56 m, harrow disc off-set of 0.61 m and disc harrow tandem more chisel plow, while the plots were applied four forward speeds in tillage: 2.45 km h<sup>-1</sup>, 3.88 km h<sup>-1</sup>, 5.72 km h<sup>-1</sup> and 6.50 km h<sup>-1</sup>. It was evaluated: width and effective depth of work, noise at the operator, field skills, theoretical yield, change in working speed and traction force and power estimates. The noise level were above the limit established for all tillage systems. The larger working width occurred for tillage depth of less work, if the grids, which had a higher field capacity, as traction force and drawbar pull estimates. The fastest speed provided an increase in the effective field capacity and operational, the speed variation, as the traction force and drawbar pull, but reduced the theoretical yield.

**KEYWORDS:** field capacity, soil management, agricultural mechanization.

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola do primeiro autor.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo da UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Mestrando em Engenharia Agrícola. Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP: 48902-300, Juazeiro – BA. E-mail: hideo.nagahama@univasf.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, km 12, 79804-970. Dourados - MS. E-mail: jorgecortez@ufgd.edu.br Bolsista de Produtividade do CNPq.

<sup>4</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônoma da UNIVASF. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: wisyalves@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônoma da UNIVASF. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: ap.patrocínio@hotmail.com

<sup>6</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônoma da UNIVASF. Bolsista de Iniciação Científica da FACEPE. E-mail: elder.barboza@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

As operações agrícolas empregadas na implantação de uma cultura, desde o preparo do solo até a colheita, na sua maioria, podem ser mecanizados e com isto, apresentar grande eficiência e retorno econômico ao produtor, uma vez que estas sejam bem conduzidas empregando para isto tecnologia e maquinário adequado. Com o uso de máquinas e equipamentos agrícolas adequados, espera-se, também redução da compactação do solo e das operações agrícolas envolvidas e a otimização da eficiência tratorial por meio do controle da patinagem (DUARTE JÚNIOR et al., 2008).

A utilização de máquinas agrícolas para promoção da melhoria nos sistemas gerenciais e para o aproveitamento dos recursos produtivos torna a mecanização da agricultura, um dos principais elementos, na modernização da agropecuária, principalmente na produção de grãos (MATOS, 2007; VIEIRA; BRIZOLLA, 2007; SANTOS; VALE, 2012).

O ensaio de trator em solo agrícola é uma das maneiras de obter informações, principalmente no que diz respeito ao seu desempenho de tração. Esses ensaios visam à obtenção de informações sobre o desempenho dos rodados, relacionados com as características da interação com o solo MIALHE, 1996).

O sistema de rodado de um trator tem papel fundamental nas características operacionais, sendo, portanto, o principal elemento responsável pela sustentação, propulsão e direcionamento da máquina e por isto, grande relevância nos estudos das características dinâmicas e de regulagens do conjunto trator-equipamento (LOPES et al., 2003).

Para Fessel (2003), o desempenho operacional das máquinas agrícolas é um complexo conjunto de informações que determinam suas características ao executarem operações sob determinadas condições de trabalho. Essas informações podem ser relativas à qualidade e quantidade de trabalho; e dinâmicas, relativas à potência e a velocidade de trabalho.

Segundo Pequeno et al. (2012), as capacidades de campo teórica e efetiva, bem como a potência do conjunto trator-grade na mobilização de Argissolo Amarelo apresentam dependência com a variação da velocidade enquanto que a força de tração apresenta-se relacionada com o ângulo de tração e a profundidade efetiva de trabalho.

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho do trator agrícola em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### Local

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus de Ciências Agrárias em Petrolina – PE. A área experimental se localiza na latitude 09°23' (S) e a longitude 40°30' (O) e altitude de 376 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região apresenta-se como tropical semiárido, tipo BshW. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico típico, textura arenosa/média por Amaral et al. (2006), utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 1, encontra-se a composição granulométrica do Argissolo Amarelo que sofreu efeito da mobilização.

**Tabela 1:** Composição granulométrica do Argissolo Amarelo da área experimental.

Camadas	Granulometria		
	Argila	Areia	Silte
-----m -----	----- kg kg-1 -----		
0,00-0,10	0,090	0,878	0,032
0,10-0,20	0,100	0,883	0,017
0,20-0,30	0,080	0,852	0,068
0,30-0,40	0,140	0,807	0,053
0,40-0,50	0,180	0,742	0,078

Fonte: Adaptado de Cortez et al. (2011)

A área experimental até 2009 foi cultivada com sorgo forrageiro submetido a três cortes para obtenção de forragem. Após este período, a mesma, continuou em pousio até a instalação do experimento. Existe na área experimental, sistema linear de irrigação, que propiciou umidade do solo no momento do preparo e na coleta de dados.

Cada parcela experimental ocupou uma área de 20 x 12 m (240 m<sup>2</sup>). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 15 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

### Equipamentos e insumos

Como fonte de potência para tracionar os equipamentos de preparo do solo foi utilizado um trator da marca Valtra com 55,20 kW (75 cv) de potência nominal no motor, modelo 785 TDA (tração dianteira auxiliar), fabricado em 2004, com pneus dianteiros - R1 12.4 - 24 e traseiros - R1 18.4 - 30, com marchas: primeira, segunda e terceira em alta e baixa e rotação de trabalho no motor a 2.044 rpm. As velocidades de deslocamento foram obtidas pelo escalonamento de marchas do trator.

Na Tabela 2, encontra-se os equipamentos utilizados no preparo do solo.

**Tabela 2:** Equipamentos utilizados para o preparo do solo.

Implementos	Órgãos ativos	Massa	Profundidade	Largura
		kg	m	m
Arado de aivecas	Duas aivecas recortadas	570	0,42	0,90
Grade leve em tandem	Sete discos em cada uma das quatro seções, discos recortados na dianteira lisos na traseira, diâmetro de 0,51 m.	528	0,10	2,62
Grade leve off-set	Oito discos em cada uma das duas seções, discos recortados com 0,56 m de diâmetro.	1.000	0,15	1,73
Grade leve off-set	Sete discos em cada uma das duas seções, discos recortados com diâmetro de 0,61 m.	1.094	0,18	1,50
Escarificador	Três hastas espaçadas com ponteira estreita de 0,05 m de largura	295	0,35	1,20

Para a determinação dos níveis de potência sonora (ruído) foi utilizado decibelímetro digital marca Minipa, modelo MSL - 1325 com três faixas de medição (32-80 dB(A); 50-100 dB(A) e 80-130 dB(A)) e protetor de vento atendendo a norma IEC 651 (IEC, 1979), tipo 2 (classes de 0 a 3), que define para uso em campo. Foi utilizado conforme Ministério do Trabalho e Emprego - MTE (2012) nos circuitos de resposta lenta (SLOW) e de equalização "A", sendo expressos em dB(A). As avaliações basearam-se no método descrito na NBR-9999 (ABNT, 1987).

Para realizar as medições colocou-se o medidor de nível de ruído próximo ao ouvido do operador, entre 0,79 m acima, 0,15 m à frente e 0,20 m lateralmente em relação ao ponto de referência do assento - (SIP - Seat Index Point), de acordo com a norma NBR 5353 (ABNT, 1999), ou seja, o microfone foi instalado do lado da cabeça do operador que foi submetido ao nível de ruído (Mialhe, 1996), com as determinações coletadas a cada 5 s.

Para a coleta de dados da largura e profundidade efetiva de trabalho em campo utilizou-se uma trena; para a profundidade efetiva, referenciou-se a superfície original do terreno como nível zero com medições feitas a cada passada do conjunto. A largura de trabalho foi medida entre as margens da passagem do equipamento.

A variação da velocidade, ou seja, a diferença entre a teórica e a efetiva foi obtida de acordo com a Equação 1.

$$\Delta V = V_t - V_{ef} \quad (1)$$

Em que:  $\Delta V$  - variação da velocidade (km h<sup>-1</sup>);  $V_t$  - velocidade teórica (km h<sup>-1</sup>);  $V_{ef}$  velocidade efetiva (km h<sup>-1</sup>).

Para o cálculo da capacidade de campo teórica foram utilizados os valores de largura e velocidade dos manuais de operação, sendo aplicado posteriormente a Equação 2.

$$CCT = \frac{L \times V}{10} \quad (2)$$

Em que: CCT - capacidade de campo teórica (ha h<sup>-1</sup>); V - velocidade teórica de deslocamento (km h<sup>-1</sup>); L - largura teórica do equipamento (m); 10 - fator de conversão para ha h<sup>-1</sup>.

Para o cálculo da capacidade de campo efetiva foi utilizada a Equação 3 com os dados obtidos a campo para as variáveis da Equação 3.

$$CCE = \frac{L_{mr} \times V_m}{10} \quad (3)$$

Em que: CCE - capacidade de campo efetiva (ha h<sup>-1</sup>);  $V_m$  - velocidade média real de deslocamento (km h<sup>-1</sup>);  $L_{mr}$  - largura média de trabalho do equipamento (m); 10 - fator de conversão para ha h<sup>-1</sup>.

Para o cálculo da capacidade de campo operacional foi utilizada a Equação 4.

$$CCO = CCE \times E_f \quad (4)$$

Em que: CCO - capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>);  $E_f$  - eficiência da operação (70% segundo Mialhe (1996)).

Para o cálculo do rendimento de campo teórico (RCT - %) foi utilizada a Equação 5.

$$RCT = \frac{CCE}{CCT} \times 100 \quad (5)$$

Para estimar a força de tração consumida pelo trator no momento da operação de preparo do solo utilizou-se a metodologia proposta por ASAE (2003) (Equação 6).

$$F = S_i * [A + B * (v) + C * (v)^2] * L * h \quad (6)$$

Em que: F - força de tração estimada (kN);  $S_i$  - fator adimensional referente à textura do solo; A, B e C - parâmetros específicos de cada grupo de equipamentos; v - velocidade efetiva (km h<sup>-1</sup>); L largura efetiva de trabalho (m); h - profundidade efetiva de trabalho (cm).

A potência estimada foi determinada com o auxílio da Equação 7.

$$P = F \times V \quad (7)$$

Em que: P - potência estimada (kW); F - força de tração estimada pela metodologia da ASAE (2003) (kN); V - velocidade real de trabalho (ms<sup>-1</sup>).

### Delineamento

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e 04 repetições (04 blocos). Os quatro tratamentos de preparo do solo aplicados nas parcelas principais foram: grade tandem mais arado de aivecas - GT + AA, grade leve off-set com discos de 0,56 m - Grade GAM, grade leve off-set com discos de 0,61 m - Grade ATCR e grade tandem mais escarificador de três hastes - GT + ESC. Nas subparcelas aplicaram-se quatro velocidades de deslocamento durante a mobilização do solo, com cada equipamento, sendo: 2,45 km h<sup>-1</sup>; 3,88 km h<sup>-1</sup>; 5,72 km h<sup>-1</sup> e 6,50 km h<sup>-1</sup>.

### Análise dos dados

A análise dos dados foi feita em parcela subdividida (sistemas de preparo do solo versus velocidade de deslocamento) por meio da análise de variância e posteriormente com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. Quando da ocorrência de significância do fator quantitativo - velocidade promoveu-se a análise de regressão. Para as análises dos dados utilizou-se o software Assistat 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ruído no posto do operador

Os sistemas de preparo do solo e velocidade de deslocamento influenciaram o parâmetro ruído médio ( $P \leq 0,05$  e  $P \leq 0,01$ ) (Tabela 3); entretanto, a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento não foi significativa ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 3:** Ruído médio em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Fatores	Ruído médio
Sistemas de Preparo do Solo (SP)	dB (A)
GT + ESC	95,21 b
GT + AA	96,85 a
Grade GAM	95,76 ab
Grade ATCR	96,16 ab
Velocidades de Deslocamento (VD)	
2,45 km h <sup>-1</sup>	95,22 b
3,88 km h <sup>-1</sup>	95,34 b
5,72 km h <sup>-1</sup>	97,85 a
6,50 km h <sup>-1</sup>	95,56 b
CV (SP)	1,42
CV (VD)	1,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

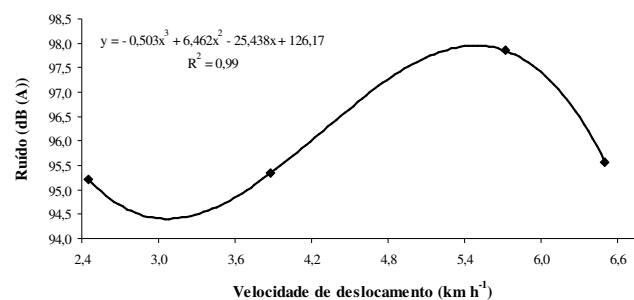
Quando se observa os sistemas de preparo do solo, pode-se verificar que o GT+AA obteve o maior valor de ruído médio quando comparado ao GT+ESC, valor este que está acima da norma do MTE - NR 15 que informa o limite de 85dB (A) para a exposição de 08 horas sem proteção conforme MTE (2012).

Vitória (2000) ao avaliar os níveis de ruído emitido por tratores executando diferentes operações agrícolas, constatou que numa mesma rotação do motor, o trator apresentou as maiores médias dos níveis de ruído, quando utilizaram as maiores velocidades e profundidades.

Entretanto, Arcoverde et al. (2011) ao estudarem a influência da velocidade de trabalho e a condição do solo nas operações agrícolas na determinação dos níveis de potência sonora (ruído) emitido pelo trator verificaram que os valores mais relevantes foram encontrados no trator e na operação de gradagem e que a maior exigência de potência no motor aumentou o nível de potência sonora. Como é afirmado por Fernandes (2003) que as operações agrícolas com subsolagem e aração se mostram mais ruidosas em razão dos grandes esforços do motor requeridos pelo equipamento.

Para as velocidades de deslocamento (Tabela 3), observa-se que a velocidade de 5,72 km h<sup>-1</sup> apresentou maior valor de ruído médio enquanto que as demais velocidades (2,45; 3,88 e 6,50 km h<sup>-1</sup>) não diferem estatisticamente entre si.

O ruído médio na análise de regressão (Figura 1) em função do incremento das velocidades de deslocamento tem comportamento ascendente dos valores até a velocidade de 5,72 km h<sup>-1</sup> e a partir desta, decréscimo dos valores do ruído médio, provavelmente por causa da estabilização do conjunto trator-equipamento. Sendo, a equação cúbica com coeficiente de determinação igual a 0,99 a que melhor representa este comportamento.



**Figura 1:** Ruído médio (dB (A)) em função das velocidades de deslocamento.

## Largura e profundidade efetiva de trabalho

A largura e profundidade efetiva de trabalho (Tabela 4) foram significativas para os sistemas de preparo do solo ( $P \leq 0,01$ ), e a largura efetiva significativa ( $P \leq 0,05$ ) na interação com os sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

**Tabela 4:** Largura e profundidade efetiva de trabalho em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

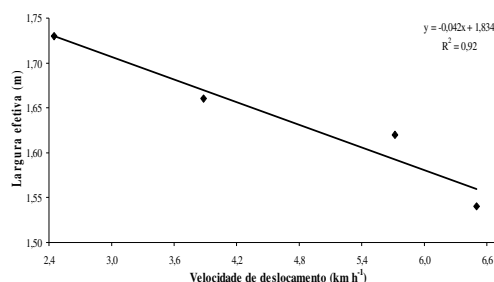
Fatores	Largura efetiva (m)	Profundidade efetiva (m)
Sistemas de Preparo do Solo (SP)		
GT + ESC	0,78 c	0,39 a
GT + AA	0,66 d	0,42 a
Grade GAM	1,63 a	0,20 c
Grade ATCR	1,45 b	0,28 b
Velocidades de Deslocamento (VD)		
2,45 km h <sup>-1</sup>	1,15 a	0,32 a
3,88 km h <sup>-1</sup>	1,13 a	0,32 a
5,72 km h <sup>-1</sup>	1,14 a	0,31 a
6,50 km h <sup>-1</sup>	1,11 a	0,32 a
CV (SP)	8,58	10,86
CV (VD)	5,06	7,43

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

As velocidades de deslocamento individualmente para largura e profundidade efetiva de trabalho (Tabela 4), bem como a interação da profundidade efetiva não foram significativas ( $P > 0,05$ ) conforme também constatado por Machado et al. (1996).

A análise do desempenho dos equipamentos em função das velocidades de deslocamento não foi estatisticamente significativa (Tabela 4), provavelmente, por causa do efeito da flutuação, ou seja, menor velocidade de deslocamento favorece maiores profundidades; situação verificada por Furlani et al. (2010), os quais verificaram menor profundidade de semeadura para as maiores velocidades.

Na análise de regressão dos equipamentos (Figura 1), apenas a Grade GAM diferiu para os sistemas de preparo e velocidades de deslocamento; sendo a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,92, a que melhor representa a variação da largura efetiva de trabalho deste equipamento; e com isto pode-se verificar decréscimo da largura efetiva com o aumento da velocidade, mesmo sendo observado um aumento da largura efetiva na velocidade de 5,72 km h<sup>-1</sup>, mas não sendo superior as duas primeiras velocidades (2,45 e 3,88 km h<sup>-1</sup>).



**Figura 1:** Largura efetiva de trabalho (m) da Grade GAM para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

## Capacidades de campo

As capacidades de campo efetiva e operacional (Tabela 8) foram significativas para os sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento, bem como a interação que envolvia estes fatores ( $P \leq 0,01$ ).

**Tabela 5:** Capacidades de campo em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Fatores	Capacidade de campo	
	Efetiva	Operacional
Sistemas de Preparo do Solo (SP)		
GT + ESC	0,38 c	0,27 c
GT + AA	0,30 c	0,21 c
Grade GAM	0,78 a	0,54 a
Grade ATCR	0,62 b	0,43 b
Velocidades de Deslocamento (VD)		
2,45 km h <sup>-1</sup>	0,28 c	0,19 c
3,88 km h <sup>-1</sup>	0,44 b	0,30 b
5,72 km h <sup>-1</sup>	0,66 a	0,46 a
6,50 km h <sup>-1</sup>	0,71 a	0,49 a
CV (SP)	15,21	15,21
CV (VD)	12,02	12,02

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

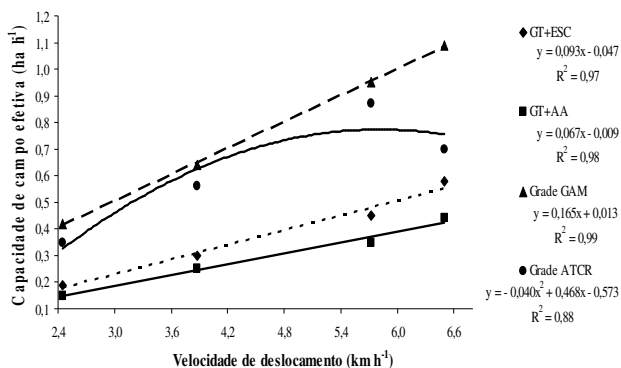
O GT+ESC apresentou resultados estatisticamente semelhantes das capacidades de campo efetiva e operacional a GT+AA sendo, portanto, abaixo dos valores encontrados para as Grades GAM e ATCR, respectivamente (Tabela 5); situação semelhante foi verificada por Rodrigues e Gamero (2006) e também por Fernandes e Gamero (2010), uma vez que estes autores constataram que a largura de trabalho dos equipamentos agrícolas influenciam positivamente os valores das

capacidades de campo; o que justifica os melhores resultados para as grades off-set.

As velocidades de 5,72 e 6,50 km h<sup>-1</sup> (Tabela 5) obtiveram os maiores valores das capacidades de campo enquanto que a velocidade de 2,45 kmh<sup>-1</sup> apresentou o menor valor das capacidades de campo tanto efetiva quanto operacional.

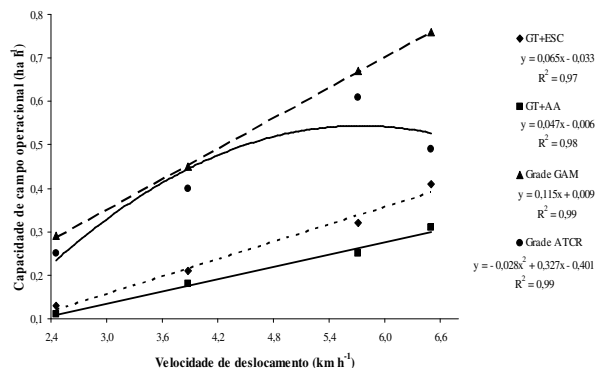
Nas capacidades de campo efetiva e operacional (Tabela 5) observa-se comportamento semelhante conforme pode ser verificado pela similaridade dos coeficientes de variação para ambos os parâmetros e fatores estudados.

Pode-se observar (Figuras 3 e 4) que o GT+ESC, GT+AA e Grade GAM foram os equipamentos que apresentaram valores crescentes com o incremento das velocidades. Para a Grade GAM, tem-se, a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,99, é a equação que melhor descreve o fenômeno para este equipamento; o GT+ESC e GT+AA, também, comportaram-se positivamente com o incremento da velocidade, entretanto com menores valores, tem a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,97 e 0,98, respectivamente, a equação que melhor representa este comportamento. A Grade ATCR ocorreu diminuição dos valores para a velocidade de 5,72 km h<sup>-1</sup>, diferentemente do exposto por Balastreire (1987), o qual afirma que há tendência de aumento das capacidades de campo com o aumento da velocidade; a equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,88 e 0,99, respectivamente, para esta situação é a que melhor representa o comportamento.



GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

**Figura 2:** Capacidade de campo efetiva (ha h<sup>-1</sup>) do conjunto trator-equipamento para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.



GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

**Figura 3:** Capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>) do conjunto trator-equipamento para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Os valores médios de capacidade de campo efetiva e operacional (Figuras 3 e 4) indicam de modo geral, que as grades off-set tiveram os melhores resultados para as quatro velocidades de deslocamento; o GT+AA foi o que apresentou os menores valores de capacidades de campo, uma vez que, apresentou a menor largura efetiva de trabalho conforme estudo de Fernandes e Gamero (2010) ao avaliarem desempenho de máquinas agrícolas, os mesmos autores encontraram maior capacidade de campo para equipamentos de maior largura efetiva. O GT+ESC apresentou resultados intermediários, provavelmente por ser constituído de três hastes.

**Rendimento de campo teórico**

Os sistemas de preparo do solo não influenciaram o rendimento de campo teórico (Rct) (P>0,05) enquanto que as velocidades de deslocamento e a sua interação que envolvia este fator influenciaram o parâmetro Rct (P≤0,01) (Tabela 6).

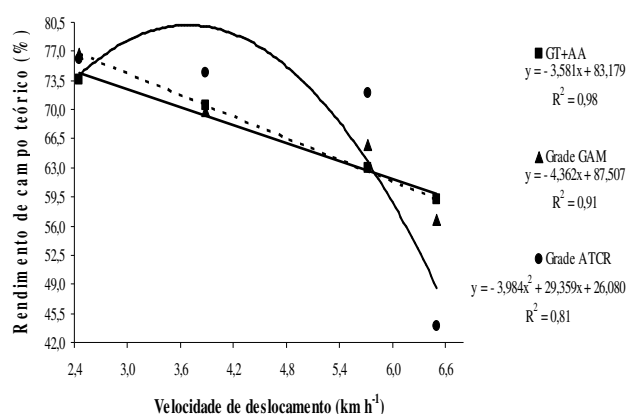
O maior valor de Rct (Tabela 6) foi verificado para a menor velocidade (2,45 km h<sup>-1</sup>) com valor de 75,35% de aproveitamento do potencial da máquina quando se compara principalmente com a velocidade de 6,50 km h<sup>-1</sup>; o que permiti inferir que ocorre mais de 75% de eficiência de campo conforme Mialhe (1974), nas menores velocidades de trabalho. Com isto, os valores obtidos por meio de ensaio de Rct auxiliam na quantificação da utilização de órgãos ativos, ou seja, quanto realmente destes estão sendo utilizados.

**Tabela 6:** Rendimento de campo teórico em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Fatores	Rendimento de campo teórico %
<b>Sistemas de Preparo do Solo (SP)</b>	
GT + ESC	70,28 a
GT + AA	66,56 a
Grade GAM	67,27 a
Grade ATCR	66,58 a
<b>Velocidades de Deslocamento (VD)</b>	
2,45 km h-1	75,35 a
3,88 km h-1	71,70 ab
5,72 km h-1	67,16 b
6,50 km h-1	56,49 c
CV (SP)	12,40
CV (VD)	8,27

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

Na análise de regressão (Figura 5) dos equipamentos; o GT+AA e a Grade GAM, devido o seu comportamento a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,98 e 0,91; respectivamente, representam melhor o decréscimo linear. Para a Grade ATCR observa-se tendência inicial crescente com o incremento da velocidade e decréscimo a partir da velocidade de 3,88 km h-1, de maneira acentuada; assim a equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,81 representa melhor este comportamento, que pode ser devido à sobreposição de passadas.



GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

**Figura 4:** Rendimento de campo teórico (%) do conjunto trator-equipamento para a

interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

O declínio do rendimento de campo deve ter ocorrido devido à sobreposição da largura de trabalho do equipamento e pela pequena área de manobra para estabilização do conjunto, fato verificado por Araldi (2011) que estudou a importância do padrão de trajeto para eficiência de campo.

#### Variação da velocidade de trabalho

A variação da velocidade de trabalho foi significativa para os sistemas de preparo do solo ( $P \leq 0,05$ ) e velocidades de deslocamento ( $P \leq 0,01$ ), bem como a interação que envolvia estes fatores ( $P \leq 0,01$ ) (Tabela 7).

**Tabela 7:** Variação da velocidade de trabalho em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

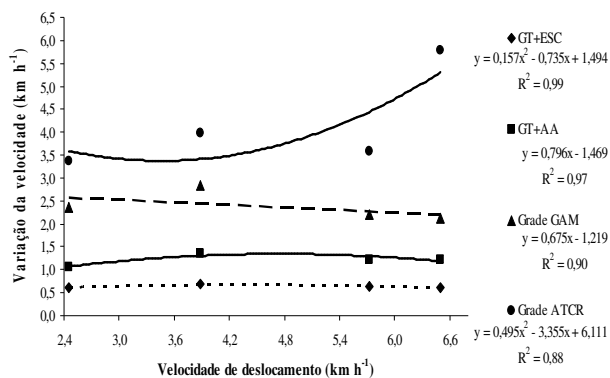
Fatores	Variação da velocidade
<b>Sistemas de Preparo do Solo (SP)</b>	
GT + ESC	1,85 b
GT + AA	2,22 ab
Grade GAM	1,91 ab
Grade ATCR	2,44 a
<b>Velocidades de Deslocamento (VD)</b>	
2,45 km h-1	0,64 d
3,88 km h-1	1,21 c
5,72 km h-1	2,37 b
6,50 km h-1	4,19 a
CV (SP)	23,61
CV (VD)	22,03

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

Nos sistemas de preparo do solo (Tabela 7), observa-se que a Grade ATCR apresentou maior variação da velocidade em relação ao GT+ESC, provavelmente em decorrência de requerimento de maior força de tração (Tabela 8), pois segundo Silveira et al. (2005) verificaram aumento significativo no requerimento de força de tração com o aumento da velocidade de deslocamento. Para as velocidades de deslocamento, verifica-se na velocidade de 2,45 km h-1, o menor valor de variação da velocidade e que a velocidade de 6,50 km h-1, o maior valor de variação; ou seja, com o incremento da velocidade de deslocamento ocorre aumento da variação da velocidade de trabalho.

Na análise de regressão da variação da velocidade de trabalho (Figura 6) observa-se que a Grade ATCR

apresentou as maiores variações, principalmente, na velocidade de 6,50 km h<sup>-1</sup>, tendo a equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,88, a melhor representação do comportamento evidenciado por este equipamento, uma vez que ocorre o aumento da variação conforme se aumenta a velocidade; enquanto que o GT+ESC apresentou as menores variações, verifica-se também que ocorreu decréscimo da variação da velocidade a partir da velocidade de 3,88 km h<sup>-1</sup>; tendo a equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,99; mesmo que não seja aparente a curvatura da equação em função da pequena diferença entre os valores encontrados.



GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

**Figura 5:** Variação da velocidade de trabalho (km h<sup>-1</sup>) do conjunto trator-equipamento para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

O GT+AA e a Grade GAM, na variação da velocidade tiveram resultados intermediários (Figura 6); entretanto, para o GT+AA ocorreu decréscimo da variação com o aumento da velocidade de deslocamento, portanto a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,97, é a equação que melhor representa este comportamento descendente enquanto que a Grade GAM apresenta comportamento inverso, ou seja, com o aumento da velocidade de deslocamento ocorreu também aumento da variação da velocidade de trabalho.

A Grade ATCR apresenta a variação da velocidade aumentando conforme se incrementa a velocidade de deslocamento; por isso, a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,90, é a equação que representa este comportamento ascendente acentuado.

**Força de tração e potência estimados**

A força de tração e potência estimados foram significativos para os sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento, bem como a interação que envolvia estes fatores (P≤0,01) (Tabela 8).

Nos sistemas de preparo do solo (Tabela 8) para a força de tração, observa-se que a Grade ATCR foi o equipamento que apresentou o maior valor enquanto que para os demais equipamentos não houve diferença significativa; quanto a potência, as grades off-set demandaram maior potência em relação ao GT+AA. Na análise da velocidade de deslocamento, observa-se que na velocidade de 6,50 km h<sup>-1</sup> tem-se o maior valor de força de tração em relação às velocidades de 2,45 e 3,88 km h<sup>-1</sup>; e que nesta mesma velocidade de deslocamento tem a maior demanda por potência sobre as demais velocidades estudadas.

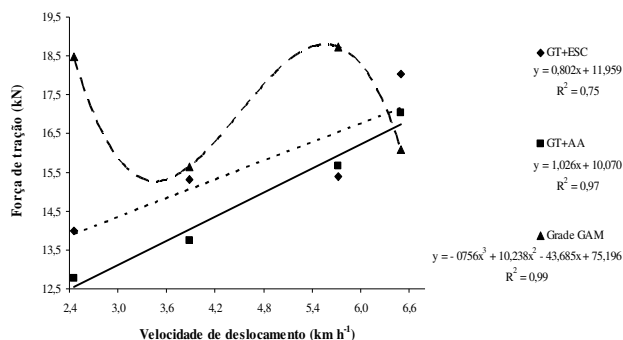
**Tabela 8:** Força de tração e potência estimadas em função dos sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Fatores	Força de tração (kN)	Potência (kW)
<b>Sistemas de Preparo do Solo (SP)</b>		
GT + ESC	15,67 b	40,26 ab
GT + AA	14,81 b	35,42 b
Grade GAM	17,24 b	42,19 a
Grade ATCR	20,48 a	45,07 a
<b>Velocidades de Deslocamento (VD)</b>		
2,45 km h <sup>-1</sup>	15,86 c	19,81 d
3,88 km h <sup>-1</sup>	16,47 bc	32,43 c
5,72 km h <sup>-1</sup>	17,74 ab	52,02 b
6,50 km h <sup>-1</sup>	18,15 a	58,68 a
CV (SP)	14,69	11,10
CV (VD)	10,33	15,83

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

Na análise de regressão (Figura 7) do GT+ESC e o GT+AA observa-se que estes apresentaram valores com variação semelhante com o incremento da velocidade, portanto a equação linear com coeficiente de determinação igual a 0,75 e 0,97, respectivamente; a melhor representação de seus comportamentos. Entretanto, a Grade GAM por apresentar valores com comportamento sigmóide, tem-se a equação cúbica, a que melhor representa este fenômeno e com coeficiente de determinação igual a 0,90; este comportamento, provavelmente, possa ser explicado pela variação da largura e profundidade efetivas nas diferentes velocidades.

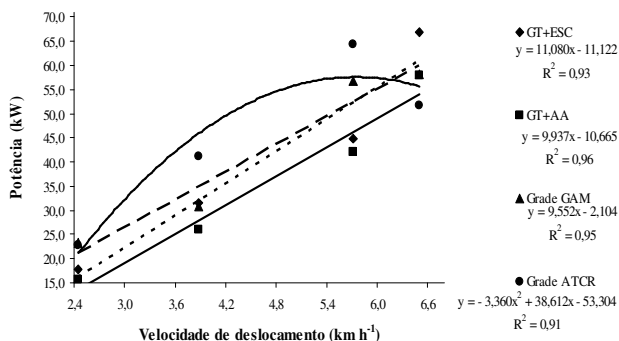




GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set – discos de 0,56 m.

**Figura 6:** Força de tração estimada (kN) do conjunto trator-equipamento para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

Os valores médios de potência (Figura 8) da interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento indicam de modo geral, que o GT+ESC, o GT+AA e a Grade GAM seguem o mesmo padrão de demanda de potência, ou seja, à medida que aumenta a velocidade, aumenta-se a potência; uma vez que o GT+ESC e GT+AA são associações que apresentaram maiores valores de profundidade efetiva de trabalho (0,39 m e 0,42 m) enquanto que a Grade GAM foi o equipamento com maior largura efetiva de trabalho (1,63 m). Assim, a equação que linear com coeficiente de determinação igual a 0,93; 0,96 e 0,95, respectivamente; descrevem melhor este comportamento. Entretanto, a Grade ATCR descreve um comportamento de aquisição de potência nas velocidades de 2,45; 3,88 e 5,72 km h<sup>-1</sup> e de decréscimo na demanda para a velocidade de 6,50 km h<sup>-1</sup>; provavelmente resultante do efeito da flutuação conforme verificado por Furlani et al. (2010); sendo, portanto, a equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,91, a equação que melhor representa o comportamento crescente e decrescente deste equipamento.



GT+ESC: grade tandem + escarificador; GT+AA: grade tandem + arado de aivecas; Grade GAM: grade off-set –

discos de 0,56 m; Grade ATCR: grade off-set – discos de 0,61 m.

**Figura 7:** Potência estimada (kW) do conjunto trator-equipamento para a interação sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento.

## 4 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, conclui-se que:

Os valores de ruídos estiveram acima do limite estabelecido pela legislação para todos os sistemas de preparo do solo.

A maior largura de trabalho ocorreu para os sistemas de preparo de menor profundidade de trabalho, no caso as grades, que apresentaram maior capacidade de campo, como força de tração e potência estimados.

O aumento de velocidade proporcionou incremento na capacidade de campo efetiva e operacional, na variação da velocidade, como na força de tração e potência estimados, mas reduziu o rendimento de campo teórico.

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de Iniciação Científica do terceiro e quarto autor. A FACEPE – Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco pela Bolsa de Iniciação Científica do quinto autor.

## 6 REFERENCIAS

- AMARAL, F. C. S.; SILVA, E. F.; MELO, A. S. **Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 104p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais - ponto de referência do assento: NBR NM-ISO 5353**. Rio de Janeiro, 1999. 5p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Medição do nível de ruído no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas: NBR 9999**. Rio de Janeiro, 1987. 21p.
- AMARAL, F. C. S.; SILVA, E. F.; MELO, A. S. **Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 104p.
- ARALDI, P. F. **Avaliação da eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado**. 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W.; PITANGA JUNIOR, C. O.; NAGAHAMA, H. J. Nível de potência sonora emitido nas operações agrícolas. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 277-287, 2011.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **ASAE D497.4**: agricultural machinery management data. 47<sup>th</sup> ed. St. Joseph: ASAE, 2003. p.350-357.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo, Editora Manole LTDA, 1987. 310p.

CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; GARCIA, R. F. COELHO, F. C.; AMIM, R. T. Desempenho de trator-implanto na cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 653-658, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

FERNANDES, J. C. Barulho ensurdecedor. **Revista Cultivar Máquinas**. Pelotas, v. 17, p. 06-08, 2003.

FERNANDES, J. C.; GAMERO, C. A. Avaliação do desempenho das máquinas agrícolas na implantação da cultura do girassol. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 2, p. 74-87, 2010.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 105f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JUNIOR, A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja (*Glycine max*). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p.227-233, 2010.

IEC - International Electrotechnical Commission. **Sound Level Meters**. 1 st ed., Geneva: IEC, 1979.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; NETO, P. C.; GROTTA, D. C. C. 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**, Campina Grande, v.7, n.2, p.382-386, 2003.

MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T.; TURATTI, A. L.; REIS, A. V.; ALONÇO, A. S. Avaliação do desempenho de escarificador em Planossolo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 151-154, 1996.

MATOS, M. A. **Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com consideração da pontualidade**. 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MTE - Ministério do Trabalho e do Emprego. **Atividades e operações insalubres: NR-15**. Disponível: <[http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2012.

PEQUENO, I. D.; ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W.; GARRIDO, M. S.; MCARVALHO, P. G. S. Desempenho operacional de conjunto trator-grade em Argissolo Amarelo no Semiárido Nordeste. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, p. 1-10, 2012.

RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A. Demanda energética e capacidade de campo efetiva em diferentes sistemas de manejo do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 55-62, 2006.

SANTOS, H. F.; VALE, A. R. Modernização da agricultura e novas relações campo-cidade no atual período da globalização: algumas análises a partir do agronegócio cafeeiro no município de Alfenas-MG. In: JORNADA CIENTÍFICA DE GEOGRAFIA, 3, 2012, Alfenas. **Anais eletrônicos...** Alfenas: UNIFAL, 2012, v.1. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/jornadageografia/anais>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVEIRA, J. C. M.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; GABRIEL FILHO, A. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 125-128, 2005.

VIEIRA, E. P.; BRIZOLLA, M. M. B. A influência da mecanização da atividade agrícola na composição do custo de produção. In: CONGRESSO ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS, 1, 2007. Gramado. **Anais eletrônicos...** Gramado: ANPCONT, 2007. Disponível em: <<http://www.anpcont.com.br/site/materia.php?id=33>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

VITÓRIA, E. L. **Avaliação dos níveis de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas.** 2000. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.