

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR
AGRÍCOLA DURANTE AS OPERAÇÕES DE ROÇAGEM, ARAÇÃO E
SEMEADURA

WELINGTON GONZAGA DO VALE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2011

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR
AGRÍCOLA DURANTE AS OPERAÇÕES DE ROÇAGEM, ARAÇÃO E
SEMEADURA

WELINGTON GONZAGA DO VALE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal, com
ênfase em Mecanização Agrícola”

Orientador: Ricardo Ferreira Garcia

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 011/2011

Vale, Welington Gonzaga do

Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura/ Welington Gonzaga do Vale. – 2011.

217 f. : il.

Orientador: Ricardo Ferreira Garcia

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

Bibliografia: f. 216 – 217.

1. Consumo horário 2. Força na barra de tração 3. Capacidade de campo efetiva 4. Eficiência de campo 5. Patinagem I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 631.372

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR
AGRÍCOLA DURANTE AS OPERAÇÕES DE ROÇAGEM, ARAÇÃO E
SEMEADURA

WELINGTON GONZAGA DO VALE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal, com
ênfase em Mecanização Agrícola”

Aprovada em 16 de fevereiro de 2011

Comissão Examinadora

Prof. Maurício Carvalho Ribeiro Gomes (D.Sc., Produção Vegetal) – UCAM

Prof. Paulo Marcelo de Souza (D.Sc., Economia Aplicada) – UENF

Herval Martinho Ferreira Paes (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Ricardo Ferreira Garcia (D.Sc., Engenharia Agrícola) – UENF

(Orientador)

Ofereço

Aos meus pais, Maria Guiomar e José Eustáquio, meus eternos mestres,
pela dedicação e esforço para educar bem os filhos,
por me ensinarem a distinguir o certo do errado,
por me mostrarem o caminho do bem,
pela minha formação, exemplo de vida, pelo amor,
amizade e apoio incondicionais em todos os momentos
de minha vida.

Aos meus irmãos, Peres, Lílian, Eliane, Rodrigo e Renato, pelo amor, amizade e
incentivo sinceros.

Aos meus filhos, Luís Felipe e Alice, que são a minha maior inspiração e alegria.
À minha esposa, Patricia, pelo amor, amizade, companheirismo, paciência e
incentivo.

Aos meus primos, tios e sobrinhos pelo apoio e carinho.

Aos meus sinceros amigos Anderson (“Manaus”), Luís Renato (“Renatão”) e
Márcio Willian Roque (“Marcinho”) pelo
companheirismo, lealdade e apoio nas horas alegres e tristes.

Dedico

O bambu chinês

Depois de plantada a semente do bambu chinês, não se vê nada por aproximadamente cinco anos - exceto um diminuto broto. Todo o crescimento é subterrâneo; uma complexa estrutura de raiz, que se estende vertical e horizontalmente pela terra, está sendo construída. Então, ao final do quinto ano, o bambu chinês cresce até atingir a altura de 25 metros.

Muitas coisas na vida pessoal e profissional são iguais ao bambu chinês. Você trabalha, investe tempo, esforço, faz tudo o que pode para nutrir seu crescimento e, às vezes, não vê nada por semanas, meses ou anos. Mas, se tiver paciência para continuar trabalhando, persistindo e nutrindo, o seu quinto ano chegará; com ele virão mudanças que você jamais esperava.

Lembre-se que é preciso muita ousadia para chegar às alturas e, ao mesmo tempo, muita profundidade para agarrar-se ao chão.

“Paulo Coelho”

Há dois tipos de sabedoria: a inferior e a superior. A sabedoria inferior é medida por quanto uma pessoa sabe, e a superior, pela consciência que ela tem do que não sabe. Os verdadeiros sábios são os mais convictos da sua ignorância. Desconfiem das pessoas auto-suficientes. A arrogância é um atentado contra a lucidez e a inteligência. Na sabedoria inferior é cheia de diplomas, na superior ninguém se gradua, não há mestres nem doutores, todos são eternos aprendizes.

“Augusto Cury” (Análise da Inteligência de Cristo – 4: O Mestre do Amor)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), por financiar o projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Ricardo Ferreira Garcia, pela orientação, amizade, paciência, respeito, apoio e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

Ao professor Elias Fernandes de Sousa, pela amizade, paciência, respeito, ensinamentos e sugestões.

Aos professores Geraldo de Amaral Gravina e José Tarcísio Lima Thiébaud, pelo inestimável auxílio na execução das análises estatísticas, pelos ensinamentos e sugestões.

Ao operador de máquinas Sérgio Cordeiro de Freitas (“Bolinho”), pela amizade e dedicação durante a condução das avaliações.

Aos funcionários da Unidade Experimental da UENF, localizada no campus da UENF, especialmente ao Jáder Zacharias Freitas, pela amizade, companheirismo, ensinamentos e dedicação durante a condução das avaliações.

Ao aluno de graduação do curso Agronomia, Delorme Corrêa Júnior, com o qual sempre pude contar para a condução das avaliações.

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias da UENF, especialmente ao Júlio Meirelles, pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Aos funcionários da Coordenação de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Patrícia, Luciana e Fátima e ao Coordenador professor Ricardo Ferreira Garcia.

Aos colegas do curso de pós-graduação Márcia Teresinha, Pablo e José Francisco (Júnior), pela força, colaboração e incentivo.

Aos amigos Anderson Alexandre da Silva, Luís Renato N. Granato e Márcio Willian Roque pela amizade e torcida.

A minha esposa e meus filhos, pelo amor e pela compreensão.

Aos meus pais e meus irmãos, pelo amor, pela compreensão e pela ajuda nas horas difíceis.

A todos aqueles que estiveram comigo, durante esta longa jornada, os meus mais sinceros agradecimentos.

E a Deus, por tudo.

BIOGRAFIA

Welington Gonzaga do Vale, filho de José Eustáquio do Vale e Maria Guiomar do Vale, nasceu em Campos Altos, Minas Gerais, no dia 16 de outubro de 1974.

Em 1999, trabalhou como bolsista de iniciação científica no Departamento de Engenharia da UFLA e, em janeiro de 2001, graduou-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, Minas Gerais.

Em 2001, trabalhou como Engenheiro Agrícola Trainee, na área de Armazenamento de Grãos em Uberlândia, Minas Gerais.

De 2002 a 2004, trabalhou como professor de Mecanização Agrícola, Desenho Técnico, Topografia, Irrigação e Drenagem, Construções e Instalações Rurais na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), lotado no Centro Tecnológico/Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo (CT/ITAC), escola de ensino médio em Pitangui, Minas Gerais.

Em 2004, trabalhou como consultor de vendas de tratores e implementos agrícolas em Bom Despacho, Minas Gerais.

Em agosto de 2005, iniciou, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o curso de Mestrado em Produção Vegetal com ênfase em Mecanização Agrícola, defendendo tese em março de 2007.

Em março de 2007, iniciou, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o curso de Doutorado em Produção Vegetal com ênfase em Mecanização Agrícola.

Em janeiro de 2011 foi nomeado Professor Assistente da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Campus Sinop (MT) na área de Máquinas e Mecanização Agrícola.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xiv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 4 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 6 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| 3. TRABALHOS | 28 |
| DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE ROÇAGEM | 28 |
| RESUMO | 29 |
| OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING MOWING OPERATION | 30 |
| ABSTRACT | 30 |
| INTRODUÇÃO | 31 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 33 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| CONCLUSÕES | 61 |

| | |
|--|------------|
| AGRADECIMENTOS | 62 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 62 |
| DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE ARAÇÃO | 67 |
| RESUMO | 67 |
| OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING PLOWING OPERATION | 68 |
| ABSTRACT | 68 |
| INTRODUÇÃO | 68 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 70 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 74 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 87 |
| CONCLUSÕES | 97 |
| AGRADECIMENTOS | 97 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 97 |
| DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL | 102 |
| RESUMO | 102 |
| OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING DIRECT AND CONVENTIONAL SEEDING OPERATIONS | 103 |
| ABSTRACT | 103 |
| INTRODUÇÃO | 103 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 107 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 118 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 132 |
| CONCLUSÕES | 150 |
| AGRADECIMENTOS | 150 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 151 |
| ANÁLISE DO CUSTO OPERACIONAL DOS CONJUNTOS TRATOR E ROÇADORA, TRATOR E GRADE DE DISCOS E TRATOR E SEMEADORA-ADUBADORA | 162 |
| RESUMO | 162 |

| | |
|--|-----|
| OPERATING COST ANALYSIS OF TRACTOR AND MOWER, TRACTOR AND DISK HARROW AND TRACTOR AND FERTILIZER- SEEDER SYSTEMS | 163 |
| ABSTRACT | 163 |
| INTRODUÇÃO | 163 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 164 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 169 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 177 |
| CONCLUSÕES | 188 |
| AGRADECIMENTOS | 189 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 189 |
| 4. RESUMOS E CONCLUSÕES | 192 |

RESUMO

VALE, Welington Gonzaga do, Engenheiro Agrícola, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2011. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura. Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia.

O objetivo do trabalho realizado foi avaliar o desempenho de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados. Durante a operação de roçagem, determinou-se a frequência da tomada de potência; frequência do motor; consumo de combustível horário e operacional; capacidade de campo teórica; capacidade de campo efetiva e eficiência de campo. A operação de roçagem foi realizada em área pertencente à UENF, utilizando-se um trator John Deere 5705 4x2 TDA e uma roçadora modelo Lavrale AT-8180 ER. O trator trabalhou numa velocidade média de deslocamento de $6,08 \text{ km h}^{-1}$. Após a operação, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de $574,12 \text{ rpm}$; frequência média do motor de $2.233,33 \text{ rpm}$; consumo horário médio de $8,48 \text{ L h}^{-1}$; consumo operacional médio de $8,39 \text{ L ha}^{-1}$; capacidade de campo teórica de $1,38 \text{ ha h}^{-1}$; capacidade de campo efetiva média de $1,03 \text{ ha h}^{-1}$; eficiência de campo média de $75,00\%$. Concluiu-se que o sistema de aquisição

automática de dados foi eficiente, demonstrando sua aplicabilidade como ferramenta de automação para gestão administrativa e em operações mecanizadas com roçadoras. O trabalho de aração foi conduzido utilizando-se um trator modelo John Deere 5705 4x2 TDA e uma grade aradora modelo Baldan CRI 14x28. O trator trabalhou numa velocidade média de deslocamento de 7,22 km h⁻¹. Após a operação, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de 564,33 rpm; frequência média do motor de 2.194,62 rpm; consumo horário médio de 8,60 L h⁻¹; consumo específico médio de 579,86 g kW⁻¹ h⁻¹; consumo operacional médio de 9,05 L ha⁻¹; consumo energético por área trabalhada médio de 12,87 kW h⁻¹ ha⁻¹; força na barra de tração média de 6,11 kN; potência disponível na barra de tração média de 12,25 kW; rendimento na barra de tração média de 20,91%; capacidade de campo teórica média de 1,32 ha h⁻¹; capacidade de campo efetiva média de 0,95 ha h⁻¹; eficiência de campo média de 72,17%; patinação do rodado do trator média de 12,15%. Concluiu-se que, durante a operação de aração o trator utilizou em média 37% da potência total disponível. O sistema de aquisição automática de dados foi eficiente, demonstrando sua aplicabilidade como ferramenta de automação para gestão administrativa, em operações mecanizadas com grades aradoras. A operação de semeadura de milho foi realizada utilizando-se um trator modelo John Deere 5705 4x2 TDA e uma semeadora-adubadora modelo SEEDMAX PCR 2226 com seis linhas de plantio, combinando-se três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0 e 8,0 km h⁻¹) e dois tipos de sistemas de semeadura (direta e convencional). O experimento foi conduzido em área pertencente à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, município de Campos dos Goytacazes. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2, com três repetições para cada tratamento. Após a operação, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores, para a semeadura direta e convencional, respectivamente: força de tração do trator de 6,13 e 4,30 kN; potência na barra de tração do trator de 6,94 e 4,87 kW; rendimento na barra de tração de 11,85 e 8,31%; capacidade de campo efetiva de 0,74 e 0,73 ha h⁻¹; eficiência de campo de 79,08 e 77,97%; consumo horário de combustível de 7,96 e 7,20 L h⁻¹; consumo específico de combustível 1.300,22 e 1.025,53 g kW⁻¹ h⁻¹; consumo operacional de combustível 11,70 e 10,45 L ha⁻¹; consumo energético por área trabalhada de 9,46 e 6,64 kWh ha⁻¹; patinação dos

rodados do trator de 4,67 e 3,71%; e a distribuição longitudinal de sementes foi estatisticamente igual para os dois sistemas de semeadura. Concluiu-se que entre os sistemas de semeadura estudados, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou melhores resultados, considerando as variáveis força de tração, potência exigida, consumo horário, consumo específico, consumo operacional, consumo energético e patinação.

ABSTRACT

VALE, Wellington Gonzaga do, Engenheiro Agrícola, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2011. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura. Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia.

The objective of the study was to evaluate the performance of an agricultural tractor during the operation of mowing, plowing and sowing using an automatic data acquisition system. During the mowing, it was determined power take-off (PTO) and engine frequencies; average fuel consumption; average operational fuel consumption; theoretical field capacity, effective field capacity and field efficient. The mowing was conducted in an area belonging to UENF, using a John Deere 5705 MFWD tractor and a Lavrale AT-ER 8180 mower. The tractor worked in an average speed of 6.08 km h^{-1} . After the operation, the records were processed, obtaining the following values: PTO's average frequency of 574.12 rpm; engine's average frequency of 2,233.33 rpm; average fuel consumption of 8.48 L h^{-1} ; average operational fuel consumption of 8.39 L ha^{-1} ; theoretical field capacity of 1.38 ha h^{-1} ; effective field capacity of 1.03 ha h^{-1} ; and field efficiency of 75.00%. It was concluded that the automatic data acquisition system was efficient, demonstrating its applicability as a tool for automation of administrative management and operations with mechanized mowers. The plowing was

conducted using a John Deere 5705 MFWD tractor and Baldan CRI 14x28 disk harrow. The tractor worked in an average speed of 7,22 km h⁻¹. After the operation, the records were processed, obtaining the following values: PTO's average frequency of 564.33 rpm; engine's average frequency of 2,194.62; average fuel consumption of 8.60 L h⁻¹; average specific fuel consumption of 579.86 g kW⁻¹ h⁻¹; average operating consumption of 9.05 L ha⁻¹; average fuel consumption of 12.87 kW⁻¹ h⁻¹ per hectare; average traction force of 6.11 kN; average power available of 12.25 kW; theoretical field capacity of 1.32 ha h⁻¹; effective field capacity of 0.95 ha h⁻¹; field efficiency of 72.17% and tractor wheel slippage of 12.15%. It was concluded that the plowing required about 37% of tractor power and the automatic data acquisition system was efficient, demonstrating its suitability as an automation tool for management, in mechanized operations with disk harrow. The system can be used in other areas of agricultural mechanization. The sowing of maize was conducted using a John Deere 5705 MFWD tractor and the SEED MAX PCR 2226 fertilizer-seeder with six rows, using three speeds (3,0; 5,0 and 8,0 km h⁻¹) and two different seeding systems (direct and conventional seeding system). The experiment was conducted in the area of State University of North Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes city. The experiment was conducted in randomized blocks, in factorial project 3x2, with three repetitions for each treatment. After the operation, the records were processed, obtaining the following values for the tillage and conventional, respectively: tractor traction force 6,13 e 4,30 kN; tractor drawbar power 6,94 e 4,87 kW; tractor drawbar performance 11,85 e 8,31%; effective field capacity 0,74 e 0,73 ha h⁻¹; efficient field capacity 79,08 e 77,97%; average fuel consumption 7,96 e 7,20 L h⁻¹; average specific fuel consumption 1.300,22 e 1.025,53 g kW⁻¹ h⁻¹; average operational fuel consumption 11,70 e 10,45 L ha⁻¹; average energy consumption per hectare 9,46 e 6,64 kWh ha⁻¹; tractor wheels slippage 4,67 e 3,71%; and the longitudinal distribution of seeds was statistically equal for the two seeding systems. It was noted that the conventional system obtained the best results considering the tractor drawbar power; tractor drawbar performance; effective field capacity; efficient field capacity; hourly fuel consumption, specific fuel consumption; operational fuel consumption and tractor wheels slippage.

1. INTRODUÇÃO

A aceitação de inovações tecnológicas na mecanização agrícola é, em geral, influenciada por demonstrações feitas a campo, resultados de pesquisa, experiências de algum agricultor ousado e/ou de argumentos sobre a relação custo-benefício, sendo este último o fator mais decisivo (Corrêa, 2000).

A análise operacional procura desenvolver técnicas de previsão, planejamento, controle e coordenação das atividades, visando obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis, com o mínimo de dispêndio.

Para se racionalizar as operações agrícolas mecanizadas, é necessária a caracterização das operações, maneira de executá-las, ordem cronológica em função das condições climáticas e das fases de desenvolvimento das plantas e a seleção de tratores e equipamentos para que executem as operações da melhor maneira, na área disponível e no tempo estabelecido.

A vantagem de se conhecer o desempenho operacional de uma máquina agrícola consiste em poder empregar uma seleção racional. Esta mecanização racional, segundo Mialhe (1974), consiste em empregar um sistema ou conjunto de máquinas de forma técnica e economicamente organizada, na execução das operações exigidas pela produção agrícola. O emprego da mecanização racional permite obter o máximo de rendimento útil com um mínimo de dispêndio de

energia, tempo e dinheiro, permitindo a eleição dos critérios racionais de escolha e manejo de máquinas e implementos agrícolas que irão executar as operações agrícolas em estudo.

Atualmente, os agricultores trabalham diante de problemas como a elevação dos custos de produção e queda de preços no mercado. Como resultado, eles precisam de todas as vantagens com o objetivo de produzir safras de forma eficiente com baixos custos. Embora os agricultores não possam controlar todas as variáveis que influenciam os custos de produção, existem áreas que podem ser controladas e aperfeiçoadas. Uma dessas áreas são a operação e manejo das máquinas agrícolas, tais como a seleção adequada do conjunto trator e máquina agrícola (Green et al, 1985).

É importante saber a capacidade de uma máquina para selecionar a potência e o equipamento que podem desempenhar as operações de campo a tempo. Mas, é também importante evitar custos adicionais de máquinas superdimensionadas (Bowers, 1992).

A aquisição de dados para a avaliação operacional de uma máquina agrícola tem como objetivo apresentar ao observador os valores das variáveis, ou parâmetros, que estão sendo medidos. Geralmente, este valor numérico, ou medido, não é igual ao valor real da variável, ou seja, o sistema de aquisição tem como entrada o valor real da variável e sua saída é o valor medido (Garcia, 2002).

Uma vez que a tomada de dados é uma das etapas mais tediosas de um ciclo de pesquisa, pode-se automatizar o sistema de aquisição sem comprometer a precisão, reduzindo os erros gerados pela transcrição de dados, eliminando as variações induzidas pelo operador nos processos de coleta de dados e aumentando a taxa de leitura de dados (Johnson, 1997).

Atualmente, a maioria dos cientistas e pesquisadores utiliza computadores pessoais (PC) com placas de expansão para aquisição de dados em pesquisas laboratoriais, controle industrial e em testes e medições. Na agricultura, vários pesquisadores têm trabalhado em diferentes áreas, utilizando algum tipo de sistema de aquisição de dados com a finalidade de monitorar eventos em suas pesquisas. A versatilidade de um sistema de aquisição também se torna importante, permitindo sua adaptação para diferentes pesquisas (Garcia, 2002).

Diante disso, este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operação de roçagem;
- avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operação de aração;
- avaliar o desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operação de semeadura; e
- análise do custo operacional dos conjuntos trator e roçadora, trator e grade aradora e trator e semeadora-adubadora.

A introdução e o resumo deste trabalho seguem as normas prescritas para feitura de tese, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, estando os artigos escritos de acordo com as normas da Revista Engenharia Agrícola, por recomendação do comitê de orientação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWERS, W. (1992) **Machinery management**: how to select machinery to fit the real needs of the managers. 4 ed. Farm Business Management. Moline, IL: Deere & Company Service Publications, p.206.
- CORRÊA, I. M. (2000) **Desempenho operacional de pneus radiais e diagonais em função da pressão de inflação, da condição de superfície do solo e da condição de acionamento da tração dianteira**. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Botucatu, p.155. (Tese de Doutorado).
- GARCIA, R. G. (2002) **Simulação do comportamento dinâmico de uma colhedora de feijão**. Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa, p.86. (Tese de Doutorado).
- GREEN, M. K.; Stout, B. A.; Searcy, S. W. (1985) Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, v.28, n.2, p.346.
- JOHNSON, G. W. (1997) **Lab VIEW graphical programming**: practical applications in instrumentation and control. New York: McGraw-Hill, p.665.

MIALHE, L. G. (1974) **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ed. Ceres, p.301.

2. REVISÃO DE LITERATURA

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE ROÇAGEM

A intensificação do uso de máquinas agrícolas, no Brasil, começou a partir da década de 60, fruto do processo de modernização da agricultura, tendo o trator agrícola como eixo da mecanização na agricultura moderna. Em relação ao trabalho manual, o uso do trator agrícola reduziu de forma significativa a carga física a qual o trabalhador encontrava-se submetido, tornando-se responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola e, por outro lado, também pelo aumento do consumo de energia nas atividades de campo (Jesuino, 2007).

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis e fornecê-la na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas. Embora, o trator também possa ser utilizado para prover energia através da tomada de potência ou por meio do sistema hidráulico (Monteiro, 2008).

A utilização do trator dentro da propriedade agrícola é muito diversificada, e a busca otimizada de seu desempenho se justifica, principalmente, quando se leva em conta que o tráfego excessivo de máquinas pesadas pode provocar compactação do solo como também aumento no consumo de energia.

Dentro de uma economia global, na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente, quando estão relacionadas à otimização da relação custo/benefício. Entretanto, pesquisas que informem em nível nacional, novas técnicas que possam ser incorporadas nas atividades operacionais de campo como melhorias estratégicas, são limitadas, embora sejam de fundamental importância para a redução de alguns fatores dos custos da produção agrícola (Monteiro, 2008).

Justificando a importância de avaliar o desempenho de tratores, Silveira (2001), baseado no trabalho de Mazzetto (1996), realizou ensaios estáticos estudando os parâmetros de identificação do trator no campo, determinando a velocidade de deslocamento, consumo de combustível e frequência do motor.

Yule et al. (1999), por meio de GPS, fizeram o mapeamento do desempenho de um trator no campo. Determinaram a força de tração do implemento, consumo de combustível e declividade do terreno, caracterizando também os custos operacionais. Todos os dados eram processados e informados ao operador, em tempo real, por meio de um indicador.

Storino et al. (2000) estudaram o desempenho do trator, como indicador do estado físico do solo, em agricultura de precisão. Foram determinados os principais parâmetros operacionais como a frequência do motor, consumo de combustível e velocidade de deslocamento, bem como a localização do trator no campo, usando um sistema de posicionamento global (GPS).

Levando em consideração que o levantamento dos dados de operações de campo não é muito difundido, Castelli & Mazzetto (1996) e Mazzetto (1996) desenvolveram um sistema que realiza o registro automático dos dados em nível de campo, procurando dispor de informações apropriadas para o planejamento e gerenciamento estratégico de todas as atividades e recursos da propriedade.

Mazzetto & Landonio (1999) desenvolveram um sistema que caracteriza a posição do trator no campo, utilizando-se GPS, bem como a velocidade de deslocamento, consumo de combustível e frequência do motor. Os dados

processados foram armazenados no trator e transferidos para um computador central, por meio de cartão usado para o armazenamento de dados.

Segundo Molin (2005), a forma de determinação de parâmetros de desempenho utilizando dados georeferenciados provenientes do monitor de uma colhedora pode ser estendida a outras operações agrícolas, como semeadura ou aplicação de defensivos. Para isto, basta dispor de um coletor de dados conectado a um receptor GPS, capaz de armazenar a posição geográfica e o respectivo horário.

O trabalho de Grisso et al. (2002) contempla essa idéia aplicada à operação de semeadura. No presente trabalho, utilizaram-se dados georeferenciados da frequência da TDP e do consumo horário trabalhando com roçadora.

As roçadoras foram fabricadas em série pela primeira vez em 1945 (Saad, 1984), alcançando notável popularidade devido à sua versatilidade e à perfeição do serviço. São máquinas de fácil manejo, manutenção e regulagem simples e substituem com vantagem as foices manuais que se tornam cansativas ao trabalho humano, onerosas e de baixo rendimento operacional (Silveira & Bernardi, 2001).

A utilização de roçadoras pode ser de grande valia para a conservação do meio ambiente, principalmente, contribuindo para minimizar o uso de produtos químicos e reduzir a compactação do solo. No entanto, trabalhos nesta área podem indicar as melhores condições e regulagens, além da potência e energia demandada para diferentes situações agrícolas.

Ferreti et al. (1995), em estudos de máquinas acionadas pela TDP, concluíram que os valores de torque máximo de acionamento deste tipo de máquina não são absolutos, pelo fato de dependerem das características da fonte de potência (inércia dos elementos mecânicos presentes no trator, tipo de embreagem, capacidade de torque do motor, modo de acionamento da embreagem pelo operador, e livre de rotação inicial da TDP), sendo confirmado por Almeida (1996) e Gonçalves (1997).

Peche Filho (1990) concluiu serem as roçadoras o tipo de implemento mais usado no rebaixamento da cobertura vegetal. Em determinados trabalhos, substituem as grades e cultivadores, necessitando de tratores com potência de, no máximo, 60 hp.

Barboza (2000) avaliou o desempenho de uma roçadora, acionada pela tomada de potência do trator (TDP), variando os tipos de transmissão (eixo cardam, pneu e correia), com e sem defletor em duas alturas de corte. O experimento foi realizado em 12 tratamentos divididos em duas alturas de corte de vegetação, 180 mm e 280 mm. A análise dos resultados encontrados permitiu ao autor concluir que o torque médio e as médias das alturas da vegetação cortada, o tratamento correia mostraram uma tendência de menor consumo de torque quando comparado com os demais tratamentos; na altura de 180 mm os maiores picos de torque ocorreram no sistema de transmissão por eixo cardam com e sem defletor, e os menores para o sistema de transmissão por correias com e sem defletor. O mesmo não ocorreu para a altura de corte de 280 mm onde os maiores picos de torque ocorreram no sistema de transmissão por correia com defletor; o tratamento correia foi o que apresentou uma menor tendência de consumo de potência, considerando-se a média das alturas de 180 e 280 mm. Já o sistema de transmissão por pneus foi o que revelou uma tendência de maior consumo de potência nas mesmas condições. O tratamento cardam apresentou uma tendência intermediária quanto ao consumo de potência; o consumo energético por área trabalhada, foi maior para os tratamentos de sistema de transmissão por pneus com e sem defletor, e uma tendência de menor consumo, para o sistema de transmissão por correia com e sem defletor e, por último a eficiência de corte, capacidade de campo teórica, quantidade de material cortado por unidade de área e capacidade de produção observados, mostraram que as máquinas tiveram o mesmo comportamento operacional, independentemente dos tratamentos estudados.

Persson (1987), citado por Silveira & Bernardi (2001), afirma que a quantidade de energia consumida para fragmentar material vegetal pode depender de diversos fatores, tais como taxa de alimentação, comprimento dos fragmentos, velocidade das facas, largura de corte, ângulo de afiação das facas, tipo de facas e possíveis interações entre eles.

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE ARAÇÃO

A transformação da energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica, possibilita que um trator possa fornecer energia através de diversas formas; porém, é através da barra de tração que a utilização dessa energia gerada é mais comum, pois permite tracionar máquinas e implementos agrícolas (Srivastava et al., 1996).

A capacidade de tração e fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, pressão de inflação, carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (Zoz & Grisso, 2003).

Como ocorre em todo sistema de transmissão de energia, no sistema de transmissão de potência do motor para a barra de tração existem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores de seu desempenho. Nas avaliações de perda de potência efetuadas por Zoz (1997), nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo para tratores 4x2 estas podem variar de 20% em pistas de concreto até 53 % em solo solto.

Outro ponto importante na avaliação do desempenho do trator e que está relacionado com o desempenho na barra de tração é o consumo de combustível. Conforme Jenane et al. (1996), dependendo da superfície do solo, o menor consumo de combustível é obtido quando a patinação está entre 10 e 30%. Entretanto, ASAE (1999a) relata que, em solos firmes, o melhor desempenho de trator ocorre quando a patinação está entre 8 e 10%.

Devido ao complexo conjunto de fatores que envolvem a interação do rodado com o solo, vários estudos e modelos foram propostos visando avaliar a eficiência de tração, procurando quantificar ou avaliar esses mecanismos de interação rodado-solo. Em seus estudos, Wismer & Luth (1974) desenvolveram uma equação largamente utilizada para avaliar a eficiência de tração, em condições de campo, para pneus de constituição diagonal. Visando aperfeiçoar

esta equação, várias alterações foram propostas ao longo dos anos por vários autores. A equação de Brixius (1987) tem sido a mais utilizada e adotada pela American Society of Agricultural Engineers (1999b) e outros autores.

De acordo com a definição da ASAE (1999c), a tração pode ser definida como a força, na mesma direção e sentido do deslocamento, produzida por um trator na barra de tração. O desempenho na barra de tração de um trator depende, primariamente, da potência do motor, da distribuição de peso sobre os rodados, altura e posição dos engates da barra e da superfície do solo (ASAE, 1999b). A eficiência no uso dessa força é limitada pela ação dos dispositivos de tração, que nos tratores agrícolas, geralmente, são rodas pneumáticas (Srivastava et al., 1996).

A instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaios de campo tem por finalidade a geração de informações, através de sensores instalados nestas e nos implementos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso desses conjuntos (Silva et al., 2001).

Cordeiro (2000) mostrou que as avaliações diretas do desempenho de tratores em condições de campo são obtidas através da instrumentação e monitoramento dos mesmos, permitindo assim a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator. O autor realizou um estudo de desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento e concluiu que estes fatores alteraram significativamente a conversão energética, a patinagem e a força de tração do trator.

Os efeitos da velocidade de deslocamento e das condições da superfície do solo no rendimento de tração, a relação entre a carga sobre o eixo motriz, a tração e a potência disponível foram estudados por Jenane & Bashford (2000), tendo concluído que a máxima eficiência tratória foi de 90% para solo firme e 70% para solo solto e que, na velocidade de trabalho, a relação entre a carga sobre a árvore motriz e a potência disponível, para rendimento máximo de tração, foi entre 105 e 145 kg Kw⁻¹, para o solo arado e solo firme, respectivamente.

Na avaliação do desempenho operacional de um trator agrícola, em área coberta com diferentes tipos de cobertura vegetal, Gabriel Filho et al. (2004)

concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar a patinação e, com isso, diminuir a eficiência de tração.

Nos tratores agrícolas a patinação dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado implemento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, conforme relatado por Herzog et al. (2002). Lanças & Upadhyaya (1997) concluíram que, além dos fatores já citados (tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado, tipo da banda de rodagem e condições do solo) a declividade e teor de água do solo também afetam a patinação das rodas motrizes do trator.

Para que ocorra tração é necessário que exista patinação, entretanto, se esta ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados (Lanças & Upadhyaya, 1997).

Para se obter a máxima eficiência de tração com um menor consumo específico de combustível em um trator Massey Ferguson 3080, Jenane et al. (1996) recomendaram que o trator deveria trabalhar com um valor mínimo de 0,4 para o coeficiente de tração dinâmico.

Na implantação de culturas agrícolas, o consumo de combustível é função de vários fatores tais como: adequação e condição do conjunto trator-implemento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, tempo de manobras e, principalmente, do número de operações agrícolas adotadas no processo de produção (Corrêa et al., 1999).

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL

Milho

O milho (*Zea mays*), uma das poucas culturas econômicas nativas da América, foi encontrado em cultivo pela primeira vez em 05 de novembro de 1492, quando membros da expedição de Colombo, no interior de Cuba, retornaram com um tipo de grão amplamente utilizado pelas populações nativas (Fornasiere Filho, 1992). No Brasil, entre os milhos indígenas, a maioria era constituída por milhos de grãos farináceos, muito moles, que se prestavam à moagem e à produção de farinha. No entanto, havia ainda o milho pipoca e os de grãos duros (Fornasieri Filho, 2007).

O milho é hoje a segunda maior cultura cultivada no mundo, perdendo apenas para o trigo. No Brasil, é o segundo grão de maior volume de produção, perdendo o posto de primeiro lugar para a soja. Maior que as qualidades nutricionais do milho, só mesmo a versatilidade para o aproveitamento na alimentação humana (Fornasieri Filho, 2007).

Sistema de semeadura convencional

O preparo do solo, segundo Castro (1989), é a manipulação física, química e biológica do solo, buscando melhorar as condições para a germinação das sementes, emergência das plântulas e o estabelecimento e desenvolvimento das plantas. O homem tem adotado o uso de implementos de preparo do solo para alterar suas condições físicas, visando atender a objetivos específicos das culturas desde os primórdios da agricultura, 6000 a.C. (Coelho, 1998).

Segundo Mondardo (1984), o preparo do solo utilizado no Brasil pode ser dividido em super preparo, quando os restos vegetais são queimados; preparo convencional, com a incorporação dos restos culturais; preparo reduzido, com os restos culturais semi-incorporados, e semeadura direta, quando os restos vegetais estão na superfície do solo.

O sistema de semeadura convencional é aquele no qual há o prévio preparo do solo, o chamado preparo periódico, para a colocação de insumos, como sementes e fertilizantes, para a instalação da cultura, podendo as operações para o preparo periódico variar em número e tipo, conforme a região, ou mesmo, de propriedade para propriedade (Vale, 2007; Vale et al., 2008).

Sistema de semeadura direta

A tecnologia do sistema de semeadura direta, testada no âmbito da pesquisa no final dos anos 60, teve adoção por agricultores individuais e em seguida por determinados grupos - chamados Clubes da Minhoca, de sistema de semeadura direta e os Amigos da Terra. Isto possibilitou vivenciar-se grande mudança, polêmica, controvertida, mas vencedora, transformando a agricultura brasileira, e tornando-a ambientalmente correta (Sade, 2000).

O termo sistema de semeadura direta originou-se da idéia de semear diretamente sobre o solo não preparado sempre protegido por resíduos (Cardoso, 1998). Este mesmo autor cita que, o sistema de semeadura direta originou-se da idéia de controlar a erosão. Este efeito resulta do controle do escoamento da água de chuva por meio de resíduos, que reduzem a velocidade da água em movimento, dando mais tempo para a infiltração. Tudo isto devido ao uso da cobertura morta, que é obtida com rotação de culturas de cobertura, culturas intercalares ou os resíduos das culturas principais (Saturnino, 2001).

Semeadura

As operações de semeadura e adubação são fundamentais para o estabelecimento de culturas anuais produtoras de grãos. Em sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, as condições do solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes e fertilizantes, que as verificadas nos preparos com intensa mobilização, sendo necessário maior cuidado nesta operação (Cortez, 2007). Portanto, as semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema de semeadura direta devem ser

robustas e resistentes, possuir eficiente capacidade operacional e demandar o menor consumo de energia (Levien et al., 2001).

A semeadora-adubadora que não apresentar precisão nos mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes pode comprometer a uniformidade na distribuição, que deve ser mantida independentemente de variações nas engrenagens, velocidade de deslocamento da máquina e quantidade de produto no reservatório (Andersson, 2001).

Manejo dos restos culturais

Os sistemas conservacionistas preconizam manter a superfície do solo coberta o maior tempo possível, e que essa cobertura esteja distribuída o mais uniforme possível. O manejo da vegetação tem por finalidade cortar ou reduzir o comprimento da mesma e fornecer condições adequadas para utilização de máquinas de preparo do solo e principalmente de semeadora-adubadoras (Furlani et al., 2003). Os mesmos autores citam que o manejo da vegetação pode ser efetuado por dois métodos: o químico, utilizando-se pulverizadores para aplicação de herbicidas, e o mecânico que pode ser realizado durante a colheita da cultura principal, com o uso de picadores de palhas acoplados às colhedoras combinadas, entretanto, esse manejo é realizado por equipamentos desenhados para essa finalidade como o triturador de palhas tratorizado, roçadora, rolo faca e grade de discos, ficando este último descartado no sistema de semeadura direta.

Demanda energética e operacional

Segundo Mialhe (1996), a força necessária para deslocar a máquina e seus órgãos ativos mobilizando solo, no campo, tem sido designada esforço tratório (draft). Este é decomposto por duas forças sendo o componente vertical ou de sulcação, que tende a fazer o órgão ativo penetrar no solo e o componente horizontal coincidente com a direção de deslocamento da máquina, denominação força de tração.

Dentre os parâmetros que compõem o desempenho dos tratores agrícolas, destaca-se a disponibilidade de potência na barra de tração, importante para o tracionamento de implementos agrícolas por arrasto. Segundo Mialhe

(1996), o desempenho na barra de tração, tem sido comumente avaliado submetendo-se o espécime a ensaios em pista de concreto ou em pista de terra compactada, sendo o peso total e a distribuição de peso por eixo em tratores com tração dianteira auxiliar os fatores preponderantes na otimização do desempenho na barra de tração (Correa et al., 1997).

O modelo proposto por Mialhe (1996) utiliza a mensuração da força de tração para avaliar as exigências de potência na avaliação do desempenho das máquinas. O modelo adota a força de tração média para expressar a força de tração exigida pelas máquinas de mobilização do solo. Esta média é obtida pela somatória dos valores instantâneos ao longo do percurso e posteriormente dividida pelo tempo.

Mahl et al. (2004), realizando semeadura com seis linhas com espaçamento de 0,45 m, com três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h⁻¹), constataram que a variação da velocidade interferiu no desempenho do conjunto, pois conforme houve acréscimo na velocidade, houve aumento na capacidade operacional e redução no consumo de combustível por área trabalhada de 86% e 26%, respectivamente.

Levien et al. (1999) obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo e 5,9 L ha⁻¹ de consumo de combustível por área trabalhada, enquanto Marques et al. (1999) encontraram 1,45 ha h⁻¹ e 7,3 L ha⁻¹, respectivamente, utilizando o mesmo tipo de semeadora.

Ao se comparar o sistema plantio direto com o preparo convencional e reduzido, Nagaoka & Nomura (2003) verificaram que o consumo horário de combustível no plantio direto foi de 4,6 L h⁻¹, mostrando a vantagem desse método em relação aos demais.

Mahl (2002) encontrou, em média, 12% de aumento no consumo horário de combustível para cada km h⁻¹ de aumento na velocidade de deslocamento, na operação de semeadura. Resultado semelhante foi encontrado por Furlani et al. (1999) que, estudando desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade, constataram um aumento do consumo horário de combustível de 6,8%, da velocidade de deslocamento 4,0 para a velocidade de deslocamento de 5,0 km h⁻¹, e 11,5% de 5,0 para 6,0 km h⁻¹. Também encontraram efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento

do consumo horário de combustível Mahl et al. (2005), Mahl (2002) e Oliveira (1997).

Uniformidade de distribuição longitudinal de sementes

Kepner et al. (1982) afirmaram que a porcentagem de enchimento dos orifícios era influenciada pelos fatores: tamanho máximo das sementes em relação ao tamanho dos orifícios; amplitude do tamanho das sementes; forma das sementes; forma dos orifícios e tempo de expulsão das sementes pelos orifícios. O tamanho dos orifícios dos discos deveria ser 10% maior que a máxima dimensão das sementes e a espessura dos discos, igual ao diâmetro ou espessura média das sementes.

Mohsenim (1974) afirmou que a distribuição longitudinal das sementes com disco perfurado horizontal, assim como sua qualidade, estaria relacionada com o ângulo de repouso das sementes no depósito, o teor de água, a presença de material estranho, a orientação das partículas e, principalmente, a rugosidade da superfície da semente.

Dambrós (1998) concluiu que a uniformidade de distribuição de plantas foi reduzida com o aumento da velocidade na operação de semeadura e verificou que a semeadora-adubadora pneumática apresentou maior percentual de espaçamentos aceitáveis e menor coeficiente de variação na menor velocidade testada ($5,0 \text{ km h}^{-1}$).

ANÁLISE DO CUSTO OPERACIONAL DOS CONJUNTOS TRATOR E ROÇADORA, TRATOR E GRADE DE DISCOS E TRATOR E SEMEADORA-ADUBADORA

Custo do uso de máquinas agrícolas

Balastreire (2005) relata que independentemente do tamanho da empresa, no sistema capitalista, o objetivo da organização é o lucro e que este por sua definição primordial é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando, assim, a grande influência dos custos na lucratividade da empresa.

Segundo Oliveira (2000), quanto maior a necessidade de máquinas na realização de dada atividade mais complexa à sua administração é mais importante o gerenciamento dessas atividades mecanizadas sobre a rentabilidade do processo. De acordo com a autora para a melhoria do desempenho das atividades mecanizadas é necessário um adequado conhecimento de engenharia e economia para que os custos sejam compatíveis com a realização da atividade.

O custo total do uso das máquinas agrícolas, segundo Balastreire (2005), é dado por duas componentes principais: custo fixo e custo operacional, sendo o primeiro componente aquele que é contabilizado independentemente do uso da máquina, representado pelos gastos com depreciação, juros, alojamento e seguro, já o segundo é aquele componente que varia de acordo com o uso, ou seja, os gastos com combustíveis, lubrificantes, manutenção e salários.

O consumo de combustível é de difícil avaliação devido às diferentes cargas durante a operação (Mialhe, 1974), ocasionadas pelas diferenças de ambientes de produção representadas principalmente por diferentes tipos de solos, porém há uma estreita relação entre dados de consumo a campo e nos ensaios de tração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. M. (1996) **Roçadora: Desempenho da velocidade de deslocamento e da rotação do rotor**. 126p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ANDERSSON, C. (2001) Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.66, p.28-32.
- ASAE D 497.4. (1999a) Agricultural Machinery Management Data. In: **ASAE Standards**: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 359-366p.
- ASAE EP 496.2 DEC98. (1999b) Agricultural Machinery Management. In: **ASAE Standards**: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 353-358p.
- ASAE S296.4 DEC95 (1999c) Uniform terminology for traction of agricultural tractors, self-propelled implements, and other traction and transport devices. In: **ASAE Standards**: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 119-121p.

- BALASTREIRE, L. A. (2005) **Máquinas Agrícolas**. Piracicaba: Luis Antonio Balastreire, 322p.
- BARBOZA, J. P. (2000) **Estudo de transmissões em roçadoras com e sem defletor**. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Botucatu, p.76. (Dissertação de Mestrado).
- BRIXIUS W. W. (1987) **Traction prediction equation for bias ply tires**. St. Joseph, Michigan: ASAE. (ASAE Paper, 83-1067).
- CARDOSO, F. P. (1998) **Plantio direto na palha**. São Paulo: Manah, 21p.
- CASTELLI, G.; MAZZETTO, F. (1996) Automatic system for monitoring and recording farm field activities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4o., Cancun, Mexico, **Anais...** Cancun, p.548-556.
- CASTRO, O. M. (1989) **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargil, p.42.
- COELHO, J. L. D. (1998) **Avaliação de elementos sulcadores para semeadorasadubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo de solo**. Dissertação (Mestrado), Campinas, SP, Universidade Estadual de Campinas, p.78.
- CORDEIRO M. A. L. (2000) **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. Botucatu, UNESP-FCA, 2000. 153p. Tese (Doutorado em Agronomia - AC Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CORRÊA, I. M. ; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; LANÇAS, K. P. (1999) Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-

184.

CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; MOLINA, JR., W. F. (1997) Trator agrícola equipado alternadamente com pneu radial de baixa pressão e pneu diagonal: desempenho comparativo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.64-70.

CORTEZ, J. W. (2007) **Densidade de semeadura da soja e profundidade de deposição do adubo no sistema plantio direto**. 87f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Jaboticabal.

DAMBRÓS, R. M. (1998) **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERRETI, G.; GUARESSCHI, F. R.; GRAEFF, E. (1995) Determinação do momento torçor em máquinas agrícolas acionadas pela TDP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, Viçosa. **Resumo...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.371.

FORNASIERE FILHO, D. (1992) **A cultura do Milho**. Jaboticabal: FUNEP, 273p.

FORNASIERE FILHO, D. (2007) **Manual da cultura do Milho**. Jaboticabal: FUNEP, 574p.

FURLANI, C. E. A. LOPES, A., ABRAHÃO, F. Z., LEITE, M. A. S. (1999) Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-86.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; TIMOSSI, P. C. (2003) Manejo de culturas de inverno para a cobertura do solo. **Cultivar Maquinas**, Pelotas, v2, n. 26, p.

27-29.

GABRIEL FILHO, A., SILVA, S. L., MODOLO, A. J., SILVEIRA, J.C. (2004) Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. V. 24, n. 3, p.781-789.

GONÇALVES, G. (1997) **Estudo de órgãos ativos de corte de uma roçadora**. 70p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GRISSE, R. D.; JASA, P. J.; ROLOFSON, D. (2002) Analysis of traffic patterns and yield monitor data for field efficiency determination. **Applied Engineering in Agriculture**, v.18, n.2, p.171-178.

HERZOG, R. L. S., LEVIEN, R., BEUTLER, J. F., TREIN, C. R. (2002) Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. **Anais...Salvador**: UFB, CD-ROM.

JENANE, C., BASHFORD, L. L. (2000) Tractive performance of a mechanical front-wheel assist tractor as related to forward speeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe Research Institute. V.77, p.221-226.

JENANE, C., BASHFORD, L. L., MONROE, G. (1996) Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**. Ed. 64 p. 131 – 138.

JESUINO, P. R. (2007) **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP – Botucatu, p.64. (Dissertação de Mestrado).

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. (1982) **Principles of farm**

machinery. 3rd ed. Westport: Avi Publishing Co., 527 p.

LANÇAS, K. P., UPADHYAYA, S. K. (1997) Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. **Energia na Agricultura**, FCA/UNESP, Botucatu, 33p. Boletim Técnico nº 1.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. (2001) Manejo mecânico de aveia preta com rolo faca e triturador de palhas tratorizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD ROM.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. (1999) Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.

MAHL, D. (2002) **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 160p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. (2004) Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157.

MAHL, D.; SANTOS, F. A.; YANO, E. H.; SILVA, P. R. A.; GAMERO, C. A. (2005) Influência do aumento da velocidade na operação de semeadura da cultura do tremoço em sistema plantio direto. In: CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 8., Villa de Merlo. **Anais...** San Luiz, 1 CD-ROM.

MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H.; PONTES, J. R. V. (1999) Formação de cobertura morta do solo em plantio direto: efeito residual do manejo da

vegetação espontânea e da escarificação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. **Trabalhos publicados...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM.

MAZZETTO, F. (1996) L'acquisizione dei dati aziendali in tempo reale. **Genio Rurale**, v.12, n.1, p.20-30.

MAZZETTO, F.; LANDONIO, S. (1990) Hardware and software developments applied to a system for the automatic organization of computerized notebooks. In EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2o., **Anais...** Odense: SCI Agricultural and Environment Group, V.1, p.53-54.

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

MIALHE, L. G. (1996) Ensaio e certificação de tratores. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: Ensaio & certificação**. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.385-462.

MOHSENIN, N. N. (1974) **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 734 p.

MOLIN J. P. (2005) **Contribuições a agricultura de precisão no Brasil**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP – Piracicaba, 110p. Texto (Livre-Docência).

MONDARDO, A. (1984). Manejo e conservação do solo. In: Fundação Cargill, **Plantio Direto no Brasil**, Campinas, p.53-78.

MONTEIRO, L. A. (2008) **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Botucatu, p.69. (Dissertação de Mestrado).

- NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. (2003) Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.18, p.24-26.
- OLIVEIRA, M. D. M. (2000) **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ - Piracicaba, p.150. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, M. L. (1997) **Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal**. 50 p. Tese (Mestrado em Mecanização Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PECHE FILHO, A. (1990) O uso correto de máquinas agrícolas. **Revista Toda Fruta**, São Caetano do Sul, v.14, n.48, p.38-48.
- SAAD, O. (1984) **Máquinas e técnicas de preparo inicial do solo**. São Paulo: Nobel, 99p.
- SADE, M. (2000) Breve histórico do sistema de plantio direto na palha no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na palha, p.15-18.
- SATURNINO, H. M. (2001) Evolução do Plantio direto e as perspectivas nos cerrados. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p.5-12.
- SILVA, S. L., RICIERI, R. P., PEREIRA, J. O., BENEZ, S.H. (2001) Sistemas de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação da força de tração média obtida com micrologger 21x e milivoltímetro na operação de escarificação. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6, Chillán. **Anales...**Chillán.

- SILVEIRA, G. M. (2001) Sistema informativo de operação em campo, baseado na aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.365-368.
- SILVEIRA, G. M.; BERNARDI, J. A. (2001) Estudo do consumo de energia por órgãos ativos de roçadora. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.245-252.
- SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. (1996) Tractor hitching, traction and testing. In: **Engineering principles of agricultural machines**. 3 ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p.117-145.
- STORINO, M.; PIROT, R.; TISSEYRE, B.; SEVILA, F. (2000) Performance du tracteur comme indicateur de l'état du sol em agriculture de précision: première approach em riziculture camarguaise. In: AGRICULTURE DE PRECISION: AVANCÉES DE LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE, 1^o., Dijon. **Anais...** Dijon, Cemagref-ENESAD, v.1, p.103-115.
- VALE, W. G. (2007) **Análise de desempenho de uma semeadora-adubadora de semeadura direta no norte fluminense**. 88f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; AMIM, R. T.; TOURINO, C. C. (2008) Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.4, p.441-448.
- WISMER, R.D. & LUTH, H.J. (1974) Off-road traction prediction for wheeled vehicles. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.1, p. 8-14.
- YULE, I. J.; KOHNEN, G.; NOWAK, M. (1999) In field mapping of tractor performance. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION

AGRICULTURE, 2o., Odense. **Anais...** Odense: SCI Agriculture and Environment Group, v.1, p.66-67.

ZOZ, F. (1997) **Belt and Tire Tractive Performance**. Milwaukee: Society of Automotive Engineers, 8p.

ZOZ, F.; GRISPO, R. D. (2003) **Traction and tractor performance**. St Joseph: Asae. 46p.

3. TRABALHOS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA
DURANTE OPERAÇÃO DE ROÇAGEM**

RESUMO

O objetivo do trabalho realizado foi avaliar o desempenho de um trator agrícola durante a operação de roçagem, utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados visando determinar a frequência da tomada de potência e do motor, consumo de combustível horário e operacional; capacidade de campo teórica e efetiva e eficiência de campo. O trabalho foi desenvolvido em área pertencente à UENF, utilizando-se um trator John Deere 5705 4x2 TDA e uma roçadora modelo Lavrale AT-8180 ER. O trator trabalhou em uma velocidade média de deslocamento de $6,08 \text{ km h}^{-1}$. Após a operação, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de $574,12 \text{ rpm}$; frequência média do motor de $2.233,33 \text{ rpm}$; consumo horário médio de $8,48 \text{ L h}^{-1}$; consumo operacional médio de $8,39 \text{ L ha}^{-1}$; capacidade de campo teórica média de $1,38 \text{ ha h}^{-1}$; capacidade de campo efetiva média de $1,03 \text{ ha h}^{-1}$; eficiência de campo média de $75,00\%$. Concluiu-se que o sistema foi eficiente, demonstrando sua aplicabilidade como ferramenta de automação para gestão

administrativa e em operações mecanizadas com roçadoras. O sistema pode ser utilizado em outras áreas da Mecanização Agrícola.

Palavras-chave: desempenho, roçadoras, conjuntos mecanizados.

OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING MOWING OPERATION

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the performance of an agricultural tractor during operation of mowing, using an automatic data acquisition system to determine the power take-off (PTO) and engine frequencies; average fuel consumption; average operational fuel consumption; theoretical field capacity; effective field capacity; and field efficiency. The study was conducted in an area belonging to UENF, using a John Deere 5705 MFWD tractor and a Lavrale AT-ER 8180 mower. The tractor worked in an average speed of 6.08 km h^{-1} . After the operation, the records were processed, obtaining the following values: PTO average frequency of 574.12; engine average frequency of 2,233.33; average operational fuel consumption of 8.48 L h^{-1} ; average operational fuel consumption of 8.39 L ha^{-1} ; theoretical field capacity of 1.38 ha h^{-1} ; effective field capacity of 1.03 ha h^{-1} ; and field efficiency of 75.00%. It was concluded that the system was effective, demonstrating its applicability as a tool for automation of administrative management and operations with mechanized mowers. The system can be used in other areas of agricultural mechanization.

Keywords: performance, mowers, mechanized sets.

INTRODUÇÃO

A aceitação de inovações tecnológicas na mecanização agrícola é, em geral, influenciada por demonstrações feitas a campo, resultados de pesquisa, experiências de algum agricultor ousado e/ou de argumentos sobre a relação custo-benefício, sendo este último o fator mais decisivo (CORRÊA, 2000).

A análise operacional procura desenvolver técnicas de previsão, planejamento, controle e coordenação das atividades, visando obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis, com o mínimo de dispêndio.

Para se racionalizar as operações agrícolas mecanizadas, é necessária a caracterização das operações, maneira de executá-las, ordem cronológica em função das condições climáticas e das fases de desenvolvimento das plantas e a seleção de tratores e equipamentos para que executem as operações da melhor maneira, na área disponível e no tempo estabelecido.

Dentre inúmeras máquinas destinadas à condução de operações agrícolas, as roçadoras, que foram fabricadas em série pela primeira vez em 1945 (SAAD, 1984), alcançaram notável popularidade devido à sua versatilidade e à perfeição do serviço. São máquinas de fácil manejo, manutenção e regulagem simples e substituem com vantagem as foices manuais, que se tornam cansativas para o trabalho humano, onerosas e de baixo rendimento operacional (SILVEIRA & BERNARDI, 2001).

As roçadoras são máquinas destinadas ao corte de pastagens e ao manejo de plantas de cobertura, muito utilizadas em sistemas conservacionistas, como a semeadura direta, podendo ser acopladas no sistema de levante hidráulico do trator ou tracionadas, sendo as facas de corte o seu sistema ativo mais importante. A utilização de roçadoras pode ser de grande valia para a conservação do meio ambiente, principalmente, contribuindo para menor utilização de produtos químicos e diminuindo a compactação do solo.

As roçadoras são equipamentos que substituem o trabalho manual na limpeza de pastagens, capoeiras, limpezas ou cortes, cortes de gramas em jardins, poda de soqueira de cana-de-açúcar, manejo de plantas de cobertura, entre outros. Para o bom desempenho destes equipamentos, a superfície do solo deve ser uniforme, livre de tocos ou pedras.

O princípio de funcionamento é caracterizado pela elevada freqüência dos órgãos ativos, variando de 1.000 a 2.000 rpm, conforme o tipo de equipamento. Segundo o acoplamento ao trator, podem ser caracterizadas como montadas ou de arrasto. As roçadoras montadas são acopladas no sistema de levantamento hidráulico do trator e acionadas pela tomada de potência (TDP). O movimento da rotação do motor do trator ocorre através do eixo cardam, para a caixa de engrenagem, onde, por um sistema composto de polias e uma série de correias pneumáticas ou cardam, é transmitido para o eixo da faca que gira horizontalmente (BARBOZA, 2000).

A altura de corte das facas é regulada através da roda ou patins, que suporta o equipamento, facilitando assim, o deslocamento do conjunto motomecanizado.

As roçadoras montadas centralizadas ou deslocadas são indicadas para serviços leves, como a limpeza de locais de difícil acesso, beiras de cercas, construção de aceiros, estradas e controle de plantas daninhas em culturas perenes, como café, citrus, caju e outras frutíferas. Tem como vantagem o controle da erosão e economia de mão-de-obra em torno de 25 a 30% (SILVEIRA, 1974).

Ao contrário das roçadoras montadas, as roçadoras de arrasto são máquinas de grande porte, usadas em serviços pesados na limpeza de pasto, campo e capoeiras infestadas de arbustos e espécies de capins bem desenvolvidos.

Na sua extremidade, existe uma polia, que, por meio de um conjunto de correias, movimenta um eixo vertical o qual, por sua vez, suporta e aciona as facas de corte, articuladas e diametralmente opostas.

O eixo das facas pode ser afastado ou aproximado do pinhão motor, permitindo o adequado tensionamento e/ou troca das correias.

Muitos experimentos científicos usam dados coletados por sensores para avaliação e determinação de resultados. Esses dados devem ser coletados e armazenados, pois o real processamento destes ocorre somente por programas computacionais. De acordo com as necessidades, foram desenvolvidos os sistemas de aquisição de dados (GIORDANI, 2008).

A ciência agropecuária faz uso de sistemas de aquisição de dados para coleta de dados em experimentos mecanizados, na instrumentação de

equipamentos e em processos que necessitam coleta, armazenamento e processamento de dados para avaliação. Os sistemas de aquisição de dados são especialmente empregados nos estudos em campo, onde o armazenamento destes não pode ser realizado diretamente por um microcomputador, sendo necessário o emprego de memórias não-voláteis.

O objetivo do trabalho realizado foi avaliar o desempenho de um trator agrícola durante a operação de roçagem, utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados para determinação do consumo de combustível horário e operacional, frequência da TDP, eficiência de campo, capacidade de campo teórica e efetiva.

REVISÃO DE LITERATURA

A intensificação do uso de máquinas agrícolas, no Brasil, começou a partir da década de 60, fruto do processo de modernização da agricultura, tendo o trator agrícola como eixo da mecanização na agricultura moderna. Em relação ao trabalho manual, o uso do trator agrícola reduziu de forma significativa a carga física a qual o trabalhador encontrava-se submetido, tornando-se responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola e, por outro lado, também pelo aumento do consumo de energia nas atividades de campo (JESUINO, 2007).

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis e fornecê-la na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas. Embora, o trator também possa ser utilizado para prover energia através da tomada de potência ou por meio do sistema hidráulico (MONTEIRO, 2008).

A utilização do trator dentro da propriedade agrícola é muito diversificada, e a busca otimizada de seu desempenho se justifica, principalmente, quando se leva em conta que o tráfego excessivo de máquinas pesadas pode provocar compactação do solo como também aumento no consumo de energia.

Dentro de uma economia global, na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente, quando estão relacionadas à otimização da relação custo/benefício. Entretanto, pesquisas que informem em nível nacional, novas técnicas que possam ser incorporadas nas atividades operacionais de campo como melhorias estratégicas, são limitadas, embora sejam de fundamental importância para a redução de alguns fatores dos custos da produção agrícola (MONTEIRO, 2008).

Justificando a importância de avaliar o desempenho de tratores, SILVEIRA (2001), baseado no trabalho de MAZZETTO (1996), realizou ensaios estáticos estudando os parâmetros de identificação do trator no campo, determinando a velocidade de deslocamento, consumo de combustível e frequência do motor.

YULE et al. (1999), por meio de GPS, fizeram o mapeamento do desempenho de um trator no campo. Determinaram a força de tração do implemento, consumo de combustível e declividade do terreno, caracterizando também os custos operacionais. Todos os dados eram processados e informados ao operador, em tempo real, por meio de um indicador.

STORINO et al. (2000) estudaram o desempenho do trator, como indicador do estado físico do solo, em agricultura de precisão. Foram determinados os principais parâmetros operacionais como a frequência do motor, consumo de combustível e velocidade de deslocamento, bem como a localização do trator no campo, usando um sistema de posicionamento global (GPS).

Levando em consideração que o levantamento dos dados de operações de campo não é muito difundido, CASTELLI & MAZZETTO (1996) e MAZZETTO (1996) desenvolveram um sistema que realiza o registro automático dos dados em nível de campo, procurando dispor de informações apropriadas para o planejamento e gerenciamento estratégico de todas as atividades e recursos da propriedade.

MAZZETTO & LANDONIO (1999) desenvolveram um sistema que caracteriza a posição do trator no campo, utilizando-se GPS, bem como a velocidade de deslocamento, consumo de combustível e frequência do motor. Os dados processados foram armazenados no trator e transferidos para um computador central, por meio de cartão usado para o armazenamento de dados.

Segundo MOLIN (2005), a forma de determinação de parâmetros de desempenho utilizando dados georeferenciados provenientes do monitor de uma colhedora pode ser estendida a outras operações agrícolas, como semeadura ou aplicação de defensivos. Para isto, basta dispor de um coletor de dados conectado a um receptor GPS, capaz de armazenar a posição geográfica e o respectivo horário.

O trabalho de GRISSE et al. (2002) contempla essa idéia aplicada à operação de semeadura. No presente trabalho, utilizaram-se dados georeferenciados da frequência da TDP e do consumo horário trabalhando com roçadora.

As roçadoras foram fabricadas em série pela primeira vez em 1945 (SAAD, 1984), alcançando notável popularidade devido à sua versatilidade e à perfeição do serviço. São máquinas de fácil manejo, manutenção e regulação simples e substituem com vantagem as foices manuais que se tornam cansativas ao trabalho humano, onerosas e de baixo rendimento operacional (SILVEIRA & BERNARDI, 2001).

A utilização de roçadoras pode ser de grande valia para a conservação do meio ambiente, principalmente, contribuindo para minimizar o uso de produtos químicos e reduzir a compactação do solo. No entanto, trabalhos nesta área podem indicar as melhores condições e regulagens, além da potência e energia demandada para diferentes situações agrícolas.

FERRETI et al. (1995), em estudos de máquinas acionadas pela TDP, concluíram que os valores de torque máximo de acionamento deste tipo de máquina não são absolutos, pelo fato de dependerem das características da fonte de potência (inércia dos elementos mecânicos presentes no trator, tipo de embreagem, capacidade de torque do motor, modo de acionamento da embreagem pelo operador, e livre de rotação inicial da TDP), sendo confirmado por ALMEIDA (1996) e GONÇALVES (1997).

PECHE FILHO (1990) concluiu serem as roçadoras o tipo de implemento mais usado no rebaixamento da cobertura vegetal. Em determinados trabalhos, substituem as grades e cultivadores, necessitando de tratores com potência de, no máximo, 60 hp.

LINO et al. (1995) estudaram a análise de fragmentação realizada por uma roçadora e concluíram que esta executou satisfatoriamente a picagem do

material em relação ao seu comprimento, porém, observaram ser necessário realizar estudos de deposição do mesmo. Os autores mostraram que, ao caracterizar a área antes e após a operação, a metodologia é adequada para avaliar o trabalho do conjunto motomecanizado estudado.

SILVEIRA (1974), em estudo econômico do uso de roçadoras em cafezais, fez comparação entre a capina manual e o uso de roçadoras. Verificou-se que o conjunto trator e implemento efetua o trabalho em mil covas gastando duas horas, ao passo que, no mesmo número de covas, utilizava-se vinte e oito horas para ser feito manualmente. Assim, o trabalho efetuado pela roçadora foi 14 vezes mais rápido que o trabalho realizado pela capina manual.

SAAD (1984) verificou ser fundamental no acoplamento simples, por meio de juntas universais, que o eixo motor e o eixo movido não formem ângulo entre si. Porém, na hipótese de não ser possível essa disposição, admite-se um ângulo de acoplamento de até 15° a 20°, dependendo do tipo de acionamento, flexibilidade das partes metálicas, inércia, e durabilidade. Alguns autores admitem que este ângulo não deva ultrapassar 30°.

SILVEIRA (1980) verificou que o posicionamento incorreto de roçadoras deslocadas em relação ao trator pode causar sérios danos à cultura. Esta prática irá influenciar nos lançamentos dos restos vegetais e demais detritos, que são impulsionados nos troncos das árvores, podendo ocasionar ferimentos. Por outro lado, quando se trabalha em pomares de citros e na cultura do café, a passagem da roçadora poderia formar um cordão de mato, além de outros materiais próximos das “saias”, dificultando a adubação mecânica e o controle de plantas daninhas entre plantas na linha.

GONÇALEZ (1980) realizou estudos do uso de roçadoras em pastagens, verificando que os modelos de arrasto são os mais indicados para uso em gramíneas de hábito de crescimento rizomatoso e estolonífero (batatais, pangola, *Brachiaria decumbens*) e gramíneas forrageiras cespitosas de pequeno porte, (*Brachiaria brizanta*). Afirmou que, para as gramíneas de grande porte (nappier, colonião, jaraguá), a recomendação seria trabalhar com roçadoras acopladas ao hidráulico do trator, evitando o corte dos perfilhos em desenvolvimento, empregando uma regulagem de altura de corte da ordem de 400 mm acima do nível do solo.

KURACHI & SILVEIRA (1984), em estudos de comparação de métodos mecânicos e químicos no controle de ervas daninhas em cafezal, verificaram que o uso de uma roçadora deslocada à direita em relação ao trator, capinando entre plantas na linha, (roçadora deslocada) exigiu menor quantidade de mão-de-obra. Por outro lado, concluíram que, durante análise de produção, os melhores tratamentos foram os que se utilizaram grade e enxada rotativa, muito embora não houvesse consenso para decidir a recomendação de quaisquer dos métodos comparados sem um maior número de repetições de ciclos de tratamentos.

SILVEIRA (1978), em estudos de mecanização em pastagens, afirmou que, no conceito antigo, em que os pastos eram considerados uma atividade extrativista, a roçadora sempre foi uma máquina utilizada para a sua limpeza, isto é, eliminação de touceiras e macegas, favorecendo a rebrota do capim, desde que obedecendo à melhor época como sendo no princípio da primavera, no início de outubro e término de novembro. O autor afirmou que, se levar em conta os modernos conceitos de pastagem com um manejo adequado, o uso de roçadoras nesta atividade tenderia a desaparecer.

GONÇALEZ (1980) considerou três aspectos básicos para o uso de roçadora em pastagens: o grau de infestação das plantas daninhas; gramíneas que produzem sementes e gramíneas que não produzem sementes. O autor afirma que, se o grau de infestação for superior a 50%, recomenda-se a reforma da pastagem, fazendo uso de culturas anuais. Caso esta infestação for inferior a este patamar, sobra a opção do uso da roçadora em manejo com herbicidas.

LINO et al. (1995), estudaram equipamentos destinados a operações de corte e picagem do material, destacaram a roçadora, pelo seu grande rendimento operacional, versatilidade e utilização consagrada, estando presente na maioria das propriedades motomecanizadas, além de ser utilizada na manutenção de parques e áreas verdes. Analisaram a picagem e fragmentação de material vegetal em área experimental do Centro de Mecanização e Automação Agrícola (CMAA), do Instituto Agrônomo de Campinas, em Jundiaí/SP. O experimento ocorreu em área de pousio, com predominância de capim-colômbio, (*Panicum maximum*), utilizando-se um conjunto motomecanizado composto por Trator Massey Ferguson, modelo 275, sendo operado a 500 rpm na TDP, em 3R, acoplado com roçadora Baldan, com 1,50 m de largura. Observaram uma disposição bastante homogênea dos comprimentos do material fragmentado,

apesar da grande variedade da massa vegetal existente inicialmente na área trabalhada, porém a metodologia de análise mostrou-se suficiente para avaliar o trabalho do conjunto motomecanizado estudado.

FERRETI et al. (1995), estudando máquinas acionadas pela TDP, afirmaram que o conhecimento dos níveis de torque e de potência exigidos pela máquina agrícola é fundamental para a pré-seleção do trator que vai acioná-la, permitindo uma adequada combinação entre eles. A modelagem estrutural de peças e de elementos mecânicos via métodos computacionais, reduz custos de projeto. Porém, podem ocorrer situações em que as solicitações mecânicas externas necessárias à modelagem, precisem ser obtidas através de ensaios experimentais.

SILVEIRA & FUJIWARA (1979), introduziram ligeiras modificações em uma roçadora convencional produzindo um deslocamento lateral. Observaram que em um ciclo de carpa do café, isto é, no período de outubro a maio, a roçadora é um implemento que deve ser utilizado o maior número de vezes, quando comparado com grade, enxada rotativa, aplicador de herbicidas e carpa manual. Cortando o mato acima da superfície, a rebrota é mais rápida. Assim, justifica-se o desenvolvimento de carpideiras mais deslocadas que a roçadora, controlando o mato um pouco abaixo da superfície. Deste modo, procurou-se diminuir a mão-de-obra na trilhagem e o número de vezes que o implemento é utilizado em um ciclo de controle de mato. Portanto, economizou-se até 40% gasto de mão-de-obra usando-se as roçadoras deslocadas.

SILVEIRA (1988) afirmou que, em geral, as roçadoras podem pesar 950 kg, com largura total de 2,40 m e largura efetiva de corte de 2,0 m, sendo tracionado por trator de 85 cv, trabalhando a velocidade média de 6 km h⁻¹, obtendo um rendimento médio de 15 a 20 ha dia⁻¹ de trabalho. O mesmo autor afirmou que, nas roçadoras para café, a largura de corte varia entre 1,10 a 1,30 m, e, para a citricultura e outros pomares, as roçadoras possuem largura de corte ao redor de 1,60 m. A potência necessária para tracionar e acionar uma roçadora, de pequeno porte é equivalente a de um trator, tracionando um arado de dois discos (20 a 25 cv), para os modelos menores, e para modelos médios e grandes de até quatro discos (35 a 85 cv). Uma roçadora de 380 kg, largura de corte de 1,60 m e com 1200 rpm, e velocidade de deslocamento de 5 km h⁻¹, poderá roçar um hectare em uma hora e trinta minutos.

SAAD (1984) especificou estes equipamentos como máquinas de largura de 1,00 m a 3,66 m, e peso oscilando entre 150 a 1000 kg. O mesmo autor afirmou ser a força de tração necessária pequena, mas frisa a necessidade de alta potência no eixo da tomada de força (TDP) para operar os órgãos ativos. Essa potência depende, em grande parte, da densidade e tamanho do material a ser cortado, e das dimensões da roçadora. Uma roçadora com 600 kg de peso com comprimento das facas igual a 7750 mm, a uma rotação de 1200 rpm, e uma velocidade de deslocamento de $1,2 \text{ m s}^{-1}$ poderá roçar um hectare em duas horas.

ALMEIDA (1996) estudou o desempenho de uma roçadora em função da velocidade de deslocamento, e da rotação do motor em duas condições de superfície. Utilizou uma máquina montada no engate de três pontos do trator, um sensor fotoelétrico para medição de rotação e uma célula de torque para medir o torque integrado e picos de torque, um comboio de dois tratores sendo um para imprimir velocidade de deslocamento ao conjunto e outro para acionar a roçadora via TDP. Na superfície ondulada, foram observados picos de torque de até 2.463 Nm e, no terreno nivelado, 2.555 Nm. Observou um aumento no torque médio com o aumento da velocidade de deslocamento, uma tendência de diminuir com o aumento da rotação do rotor da roçadora, nas duas condições de campo. A potência aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento e da rotação do rotor da máquina. O consumo de energia por unidade de área trabalhada, e por unidade de vegetação cortada, foi melhor na maior velocidade de deslocamento e menor rotação das facas.

GONÇALVES (1997), estudou os órgãos ativos de corte de uma roçadora montada, da marca Kamaq, em uma pastagem de *Brachiaria*, avaliando as forças atuantes em oito tipos de órgãos ativos. Analisou o pico de torque, torque, potência média, potência necessária à tração, e consumo energético. No trabalho, o pico de torque máximo obtido foi de 3.749 Nm. O consumo de torque apresentou maiores valores quando se utilizou correntes com defletor. A lâmina nova sem defletor foi o tratamento que exigiu menor torque. Quando se considerou a potência na TDP, o tratamento corrente com defletor apresentou os maiores valores, e lâmina velha com defletor os menores. Os consumos de energia e de potência dos diversos tipos de lâminas não apresentaram diferenças

estatísticas entre os tratamentos e concluiu, também, que o afiamento não exerceu nenhuma influência no consumo de potência do trator.

CORDEIRO & BENEZ (1988) estudaram o consumo de combustível em tratores agrícolas, tracionando carretas e roçadoras, em condições normais de utilização em uma propriedade agrícola. O estudo foi realizado com 17 tratores de fabricação nacional, perfazendo 7.024 horas de trabalho, em um período de quatro anos. Estes tratores foram agrupados em duas classes de potência, menor ou igual a 58,88 kW (80 cv), e maiores que 58,88 kW. Concluíram que o consumo médio para tratores, tracionando roçadoras na faixa de potência de até 58,88 kW foi de $4,02 \text{ L ha}^{-1} \pm 0,40 \text{ L ha}^{-1}$, e que, para o grupo de tratores de potência de até 58,88 kW, o consumo foi de $7,35 \text{ L ha}^{-1} \pm 1,75 \text{ L ha}^{-1}$.

As roçadoras acionadas pela tomada de potência (TDP) apresentam quatro tipos de transmissões: caixa de engrenagens, polias, correias e pneus. No sistema de transmissão direta, a roçadora trabalha acionada através de uma caixa de coroa e pinhão. Quando a transmissão é feita por correias, estas funcionam como um mecanismo de segurança, passando a interromper o movimento no caso de impactos com obstáculos fixos. Nesse tipo de transmissão direta é necessária a colocação de dispositivos de segurança (embreagem), provocando o deslizamento, se ocorrer o impacto (BALASTREIRE, 2005).

MIALHE & SILVEIRA (1973), realizaram diversos ensaios com objetivo de avaliar as forças e a potência de diversos modelos de roçadoras de arrasto, sob várias situações de densidades de vegetação, velocidade de deslocamento e rotação de corte. A análise dos resultados encontrados permitiu aos autores concluir que: a) a energia mecânica requerida pelas roçadoras, é proporcional à densidade da vegetação; b) para vegetação cuja densidade está em torno de 2 kgf m^3 (pouco densa), a roçadora leve exige quase o dobro de potência da mais pesada; c) a energia requerida para roçar depende das características técnicas das roçadoras.

Realmente, as roçadoras de arrasto que pesam 950 kg e medem 2,40 m de largura, e largura de corte de 2,00 m, quando tracionadas por tratores de potência superiores a 85 cv, atingem velocidade de 6 km h^{-1} , obtendo rendimento médio de 15 a 20 ha dia^{-1} de trabalho (SILVEIRA, 1987).

Realizou-se um ensaio com uma roçadora de arrasto, avaliando seu desempenho em diferentes tipos de vegetação. Através de um dinamômetro,

determinou-se a força de tração, constando valores máximos de força de tração e potência na ordem de 621 kgf e 13,7 cv, quando a vegetação predominante era o capim favorito (*Rhynchelitrum roseum*). Porém, com a vegetação predominante de capim-colonião (*Panicum maximum*) e com os órgãos ativos em maior número, a força de tração e a potência foram respectivamente, 879,2 kgf e 18,3 cv (BRASIL/MA/CENEA, 1981).

Conforme SILVEIRA (1988), as roçadoras acopladas ao sistema hidráulico, e acionadas pela TDP, através de um eixo cardam com juntas universais, permitem um aproveitamento de até 50% a mais de potência do trator, quando comparadas com as roçadoras de arrasto, representando grande economia de combustível.

SILVEIRA (1980) recomendou para pastagens, roçadoras que tenham torre articulada, com peças móveis, permitindo que a máquina acompanhe o desnível do terreno, comum em pastagens, sem forçar sua estrutura. O acoplamento entre o mastro da roçadora e o terceiro ponto pode ser realizado por meio de correntes.

A potência requerida pela máquina depende, em grande parte, da quantidade de material a ser roçado, e da resistência ao vento provocado pelas lâminas. Nas roçadoras de facas horizontais, onde a resistência ao vento é menor, a desintegração depende da resistência do material, velocidade das lâminas e números de golpes. Uma máquina de 1,30 m de largura pode requerer menos de 4 kW em cortes leves, mas até 22,5 kW para picar completamente coberturas pesadas ou mato (ASAE, 1997; GONÇALVES, 1997).

BOLLER et al. (1993) afirmam que a quantidade de energia consumida para fragmentar materiais vegetais, depende de uma série de fatores, tais como taxa de alimentação, comprimento dos fragmentos, velocidade das facas, largura de corte, ângulo de afiação das facas e das possíveis interações entre os mesmos.

GONÇALVES (1997) em estudos dos órgãos ativos de corte de uma roçadora, afirmou que o pico de torque está relacionado com a resistência do material, tipo de corte efetuado e características dos órgãos, exceto em um dos tratamentos: lâmina usada com defletor, devido a um elevado pico de torque, resultante do impacto das lâminas com o solo. Quando o autor considera o consumo de torque na roçadora, o tratamento com órgãos ativos corrente com

defletor apresentou os maiores valores e o tratamento lâmina nova sem defletor, os menores. Ao analisar a frequência na tomada de potência (TDP) do trator estudada o tratamento corrente com defletor apresentou os maiores valores, e a lâmina velha com o defletor, os menores valores. Finalmente, afirmou não ter havido diferença estatística significativa quanto ao consumo de energia nos diversos tratamentos estudados.

BARBOZA (2000) avaliou o desempenho de uma roçadora, acionada pela tomada de potência do trator (TDP), variando os tipos de transmissão (eixo cardam, pneu e correia), com e sem defletor em duas alturas de corte. O experimento foi realizado em 12 tratamentos divididos em duas alturas de corte de vegetação, 180 mm e 280 mm. A análise dos resultados encontrados permitiu ao autor concluir que o torque médio e as médias das alturas da vegetação cortada, o tratamento correia mostraram uma tendência de menor consumo de torque quando comparado com os demais tratamentos; na altura de 180 mm os maiores picos de torque ocorreram no sistema de transmissão por eixo cardam com e sem defletor, e os menores para o sistema de transmissão por correias com e sem defletor. O mesmo não ocorreu para a altura de corte de 280 mm onde os maiores picos de torque ocorreram no sistema de transmissão por correia com defletor; o tratamento correia foi o que apresentou uma menor tendência de consumo de potência, considerando-se a média das alturas de 180 e 280 mm. Já o sistema de transmissão por pneus foi o que revelou uma tendência de maior consumo de potência nas mesmas condições. O tratamento cardam apresentou uma tendência intermediária quanto ao consumo de potência; o consumo energético por área trabalhada, foi maior para os tratamentos de sistema de transmissão por pneus com e sem defletor, e uma tendência de menor consumo, para o sistema de transmissão por correia com e sem defletor e, por último a eficiência de corte, capacidade de campo teórica, quantidade de material cortado por unidade de área e capacidade de produção observados, mostraram que as máquinas tiveram o mesmo comportamento operacional, independentemente dos tratamentos estudados.

PERSSON (1987), citado por SILVEIRA & BERNARDI (2001), afirma que a quantidade de energia consumida para fragmentar material vegetal pode depender de diversos fatores, tais como taxa de alimentação, comprimento dos

fragmentos, velocidade das facas, largura de corte, ângulo de afiação das facas, tipo de facas e possíveis interações entre eles.

SILVEIRA & BERNARDI (2001), estudando o consumo de energia por órgãos ativos de roçadoras, concluíram, que tanto o par de correntes quanto as facas novas ou usadas não exerceram influência sobre o tipo de trabalho realizado pelo conjunto trator e roçadora. A corrente com defletor foi o tratamento que consumiu mais energia, enquanto o tratamento faca nova sem defletor, o que consumiu menos. As lâminas apresentaram tendência em consumir menos energia do que as correntes. Nos tratamentos com lâminas, o consumo de energia foi semelhante.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de trabalho

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ (Figura 1). As coordenadas geográficas do local são 21° 45' 15" de latitude sul e 41° 19' 28" de longitude oeste, com altitude de 12 m do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. O solo é caracterizado como Latossolo Amarelo eutrófico (Prado, 2005), característico da região.

A área estava coberta por restos de *Crotalaria juncea* L. e vegetação espontânea.



Figura 1 – Localização da área experimental (Fonte: Google Earth).

Descrição do conjunto mecanizado.

No trabalho de campo, utilizou-se um conjunto trator e roçadora (Figura 2). O trator utilizado foi um John Deere (Quadro 1). Durante o trabalho, a tração dianteira auxiliar não foi acionada e utilizou-se a marcha 2B a 2.100 rpm no motor. No trator, foram acoplados a roçadora e os instrumentos para registro e aquisição de dados.

Quadro 1 - Características técnicas do trator.

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| Marca: | John Deere |
| Modelo: | 5705 4x2 TDA |
| Motor: | John Deere/4045T |
| Número de cilindros: | 4 |
| Potência máxima no motor à 2.400 rpm | 63 kW (85 cv) |
| Potência máxima na TDP: | 53 kW (72 cv) |
| Potência no motor à 2.100 rpm | 58,57 kW (79,02 cv) |
| Potência na TDP a 540 rpm: | 50,37 kW (67,96 cv) |
| Bitola dianteira: | 1,65 m |
| Bitola traseira: | 1,65 m |

A roçadora utilizada no experimento foi a modelo Lavrale AT-8180 ER, constituída com duas navalhas em aço carbono com tratamento térmico, para

cortes baixos, roda reguladora de altura e deslizadores substituíveis (Quadro 2). A roçadora trabalha acoplada ao engate três pontos categoria II e na tomada de potência, categoria I e é acionada pela tomada de potência a 540 rpm.



Figura 2 – Trator modelo John Deere 5705 4x2 TDA com a roçadora Lavrale AT-8180 ER montada.

Quadro 2 - Características técnicas da roçadora.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Marca: | LAVRALE |
| Modelo: | AT-8180 ER |
| Largura de corte: | 1,80 m |
| Número de facas: | 2 |
| Características das facas: | Aço carbono com tratamento térmico, para cortes baixos |
| Posicionamento das facas: | Horizontal em relação à superfície do solo |
| Acoplamento ao trator: | Engate três pontos categoria II e na tomada de potência (TDP), categoria I, do trator |
| Tipo de transmissão: | Caixa de transmissão direta com giro livre incorporado em banho de óleo com cardam |
| Sistema de proteção: | Embreagem de fricção |
| Potência mínima no motor do trator: | 45 cv |

| | |
|-------------------------------|--|
| Funcionamento: | Centralizada ou deslocada |
| Regulagem da altura de corte: | Roda reguladora de altura e deslizadores substituíveis |
| Peso aproximado: | 455 kg |

Descrição do sistema de aquisição automática de dados

O sistema de aquisição automática de dados foi composto por sensores para determinação do fluxo de combustível e frequência da TDP e um coletor de dados, além de um sistema de posicionamento global (GPS).

Para a determinação do fluxo de combustível, utilizou-se o sensor modelo Oval M-III LSF45L0-M2, com capacidade de leitura de 10 mL pulso^{-1} .

O sensor foi instalado na linha de alimentação de combustível depois do primeiro filtro de combustível. No retorno dos bicos e bomba injetora, entre o medidor e a bomba de sucção, foi conectado um T, de forma a representar o sistema em um circuito fechado. Instalou-se antes e depois do sensor, uma mangueira de 2 m, para garantir que o fluxo do combustível pelo medidor seja laminar e não turbulento (Figura 3).

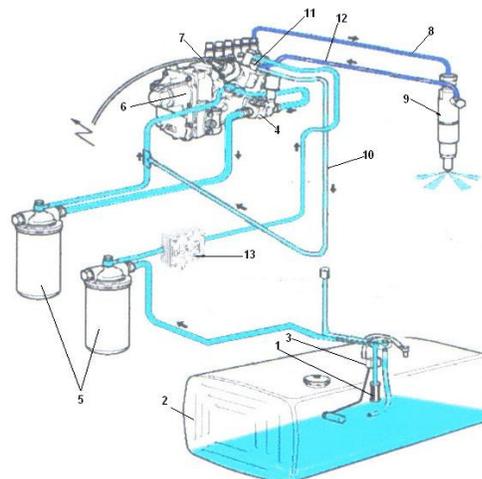


Figura 3 – Esquema de montagem do sensor de fluxo de combustível.

1- Tubo de sucção com filtro;

- 2- Reservatório de combustível;
- 3- Medidor de nível de combustível;
- 4- Bomba alimentadora;
- 5- Filtros de combustível;
- 6- Bomba injetora;
- 7- Válvula de combustível;
- 8- Tubo de pressão;
- 9- Bico injetor;
- 10- Linha de retorno (desvio para alimentação);
- 11- Válvula de alívio;
- 12- Tubo de retorno de combustível; e
- 13- Sensor de fluxo de combustível.

Para a determinação da frequência de funcionamento da TDP, utilizou-se o sensor do tipo indutivo modelo Dickey-john. O sensor foi utilizado próximo ao sistema de embreagem da roçadora, enquanto que, no eixo da máquina, instalou-se uma peça metálica permitindo ao sensor detectar sua presença gerando um sinal de saída correspondente à frequência de rotação deste eixo (Figura 4).

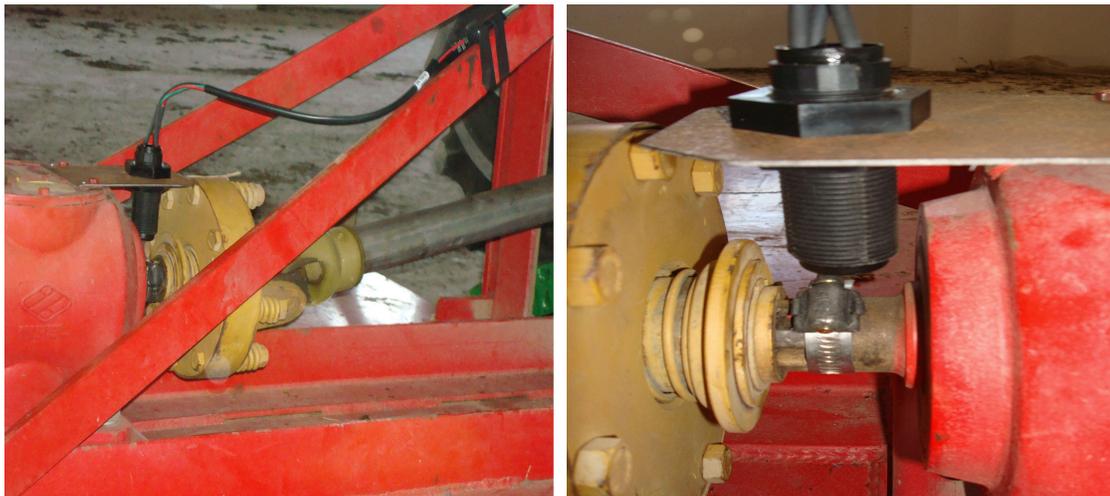


Figura 4 – Sensor indutivo usado para determinar a frequência da TDP.

Para a determinação da posição do conjunto trator e roçadora, utilizou-se um aparelho de GPS modelo Garmin 60Csx (Figura 5).



Figura 5 – Aparelho de GPS utilizado para a determinação da posição do conjunto trator e roçadora.

Para a coleta dos dados obtidos pelos sensores de fluxo de combustível e indutivo, utilizou-se um sistema de aquisição de dados, modelo Campbell Scientific CR1000 (Figura 6). O coletor de dados possui capacidade para armazenamento de até 4.000.000 de dados.

Nos registros de dados, foram consideradas as variáveis: consumo de combustível horário, frequência da TDP e data da coleta dos dados.



Figura 6 – Coletor de dados utilizado no trabalho.

Confecção de mapas temáticos

Para produzir os mapas de campo, que são baseados em pontos instantâneos de atributos específicos, obtidos no trabalho como o consumo de combustível, frequência da TDP, cada ponto de rendimento deve corresponder a uma particular posição na superfície da área, processo chamado de georeferenciamento.

O programa computacional GPS TrackMaker foi utilizado como interface para transferir para o computador os dados adquiridos pelo aparelho GPS.

Os dados obtidos foram tabulados utilizando o programa computacional Excel, associando-os às suas coordenadas geográficas que foram obtidas com o GPS.

Por meio de um sistema de informação geográfica e, utilizando-se o programa computacional Surfer, foi construído um banco de dados codificados espacialmente. Posteriormente, por meio de vetorização e interpolação dos dados, segundo as classes de frequência do motor, consumo operacional, capacidade de campo efetiva, eficiência de campo e velocidade de deslocamento foram elaborados os mapas temáticos apresentando a distribuição espacial dos valores destas variáveis no campo.

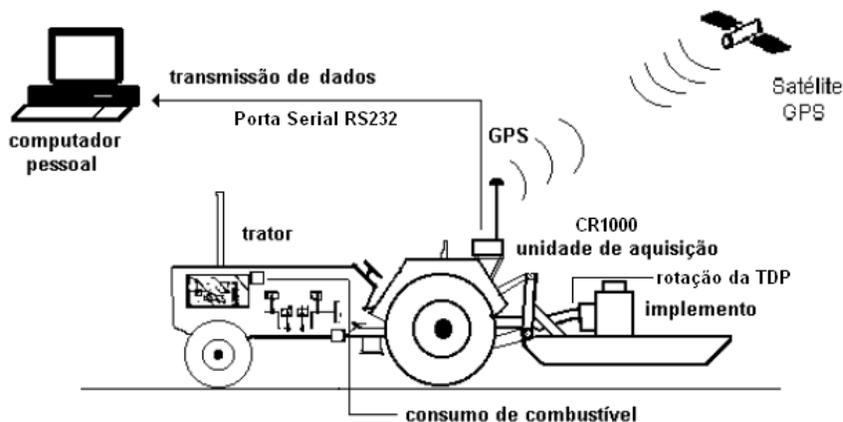


Figura 7 – Diagrama geral do sistema automático de aquisição de dados utilizados – modificado de Silveira et al., 2006.

Determinação das variáveis relacionadas ao desempenho do conjunto trator e roçadora

Durante as avaliações de campo do conjunto trator e roçadora, algumas variáveis foram determinadas de forma direta pelos sensores de fluxo e indutivo, como o consumo de combustível instantâneo e frequência da TDP. Outras variáveis foram determinadas de forma indireta.

Para determinar a frequência do motor do trator, utilizou-se os dados obtidos de frequência da TDP, gerados pelo sensor indutivo, de acordo com a Equação 1.

$$f_{\text{Motor}} = f_{\text{TDP}} \times 3,89 \quad \text{eq.1}$$

em que:

- f_{Motor} = frequência do motor, rpm;
- f_{TDP} = frequência da TDP, rpm; e
- 3,89 = fator de conversão.

Para determinar o consumo de combustível horário, foram utilizados os dados obtidos pelo sensor de fluxo de combustível.

Os pulsos gerados pelo sensor de fluxo foram convertidos em volume, considerando a relação de 10 mL pulso⁻¹.

O cálculo do consumo horário foi realizado de acordo com a Equação 2.

$$Ch = \frac{v}{t} \times 3,6 \quad \text{eq.2}$$

em que:

- Ch = consumo horário, L h⁻¹;
- v = volume consumido, mL;
- t = tempo de percurso na parcela, s; e
- 3,6 = fator de conversão.

O cálculo do consumo operacional foi realizado de acordo com a Equação 3.

$$C_o = \frac{Ch}{C_e} \quad \text{eq.3}$$

em que:

C_o = consumo operacional, $L \text{ ha}^{-1}$; e

C_e = capacidade de campo efetiva, ha h^{-1} .

A capacidade de campo teórica foi determinada por meio da largura útil de corte da roçadora e sua velocidade de deslocamento teórica (Equação 4). O trabalho foi realizado utilizando-se a marcha 2B, que corresponde a 8 km h^{-1} , obtida no manual do trator.

$$C_t = \frac{L \times v_t}{10} \quad \text{eq.4}$$

em que:

C_t = capacidade de campo teórica, ha h^{-1} ;

L = largura útil de corte da roçadora, m; e

v_t = velocidade teórica de deslocamento do conjunto, km h^{-1} .

A capacidade de campo efetiva foi determinada utilizando-se o valor da velocidade real de deslocamento e a largura útil de corte da roçadora. A largura útil de trabalho da roçadora foi medida no campo. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 5.

$$C_e = \frac{L \times v_r}{10} \quad \text{eq.5}$$

em que:

C_e = capacidade de campo efetiva, ha h^{-1} ; e

v_r = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h^{-1} .

O cálculo da eficiência de campo foi realizado de acordo com a Equação 6.

$$Efc = \frac{Ce}{Ct} \times 100 \quad \text{eq.6}$$

em que:

Efc = eficiência de campo, %.

A velocidade média de deslocamento foi adquirida utilizando o aparelho de GPS.

Avaliação estatística

Os dados foram analisados por meio de Amostragem e para a apresentação dos mesmos foi utilizada a estatística descritiva buscando as medidas de tendência central e da ocorrência de variabilidade para representar os resultados.

Pela técnica de amostragem simples ao acaso (ASA), foi obtido o intervalo de confiança para a média através da teoria normal pela Equação 7, no caso da amostragem de uma população infinita, ou tirada, com reposição, de uma população finita (VALE et al., 2008, VALE et al., 2009, VALE et al., 2010).

$$IC_{95\%} = \hat{\gamma} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \times \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad \text{eq.7}$$

em que:

$IC_{95\%}$ = intervalo de confiança para a média populacional, com 95% de probabilidade;

$\hat{\gamma}$ = estimador da média amostral;

t = $t(\alpha/2)$ (n-1) quantil da distribuição de Student para testes de significância (bilateral 5%);

s = estimador do desvio padrão da amostra; e

n = tamanho da amostra ideal.

A estimativa do tamanho da amostra ideal (n) foi obtida pela Equação 8.

$$n = \left(\frac{t^2 \times s^2}{d^2} \right) \quad \text{eq. 8}$$

em que:

s^2 = estimador da variância amostral; e

d = semi-amplitude do intervalo de confiança (em decimal) para a média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas dos parâmetros média, mediana, moda e coeficiente de variação (CV) das variáveis: frequência da TDP (f_{TDP}); frequência do motor (f_{MOTOR}); consumo horário (Ch); consumo operacional (Co); capacidade de campo teórica (Ct); capacidade de campo efetiva (Ce); velocidade média de deslocamento (vm) e eficiência de campo (Efc), são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Estimativas da média, mediana, moda e coeficiente de variação de populações normalmente distribuídas para frequência da TDP (f_{TDP}), frequência do motor (f_{MOTOR}), consumo horário (Ch), consumo operacional (Co), capacidade de campo teórica (Ct), capacidade de campo efetiva (Ce), eficiência de campo (Efc) e velocidade média de deslocamento (vm).

| Parâmetros monitorados | Média | Mediana | Moda | CV(%) |
|--------------------------|----------|----------|----------|-------|
| f_{TDP} (rpm) | 574,12 | 571 | 569 | 2,23 |
| f_{MOTOR} (rpm) | 2.233,33 | 2.221,19 | 2.213,41 | 2,25 |
| Ch (L h ⁻¹) | 8,48 | 8,76 | 8,28 | 11,96 |
| Co (L ha ⁻¹) | 8,39 | 8,44 | 8,44 | 5,73 |
| Ct (ha h ⁻¹) | 1,38 | 1,38 | 1,38 | * |
| Ce (ha h ⁻¹) | 1,03 | 1,70 | 1,70 | 13,89 |
| Efc (%) | 75,00 | 77,69 | 77,75 | 13,89 |
| vm (km h ⁻¹) | 6,00 | 6,17 | 6,32 | 12,41 |

*Ct é constante em toda a área.

No Quadro 3, estão apresentadas as medidas de tendência central (média, moda e mediana) bem próximas, indicando uma concentração dos dados em torno da média, o que pode ser comprovado pelos baixos coeficientes de variação. Como os resultados mostram baixa variabilidade, houve grande uniformidade operacional ao longo do trabalho, o que pode ser comprovado por análise da distribuição de freqüência.

A eficiência de campo do trabalho de roçada foi em média de 75,00%, sendo que este valor está dentro da faixa citada por SILVEIRA (2001a), que é de 70 a 90%. A eficiência de campo diz respeito à porcentagem de tempo total realmente utilizada em trabalho efetivo. É influenciada por vários fatores, como formato, tamanho e disposição da área. Em locais planos, e trabalhando-se no sentido do maior comprimento, a eficiência é mais elevada por requerer menos manobras de cabeceira por exemplo. Como a área do experimento tem formato retangular e mesmo trabalhando no sentido do maior comprimento, a eficiência não ficou próxima do limite inferior citado por SILVEIRA (2001a).

A velocidade de deslocamento do conjunto durante a operação de roçada foi em média de 6,00 km h⁻¹. SILVEIRA (2001a) recomenda que, durante a operação de roçada, se trabalhe com velocidades entre 4,00 e 7,00 km h⁻¹. A velocidade de deslocamento do conjunto ficou bem próxima do limite superior, recomendada pelo mesmo autor.

Na Figura 8, o gráfico apresenta o início de operação com freqüência do motor com valor de 2.159 rpm. Em seguida, ocorreu tendência de aumento e, posteriormente, estabilização abaixo da média, isto é, de 2.233 rpm, ao longo da linha de amostragem. Observa uma queda na freqüência para 2.100 rpm, a menor rotação observada. Novamente, ocorreu tendência de aumento atingindo a maior freqüência, isto é, de 2.365 rpm, e posteriormente, tende a estabilizar próximo à média, ao longo da linha de amostragem. Essas variações podem ser explicadas provavelmente pelas variações nas condições de topografia do terreno e pela densidade da vegetação dentro da área, demandando valores de potência diferentes que influenciaram na freqüência da TDP.

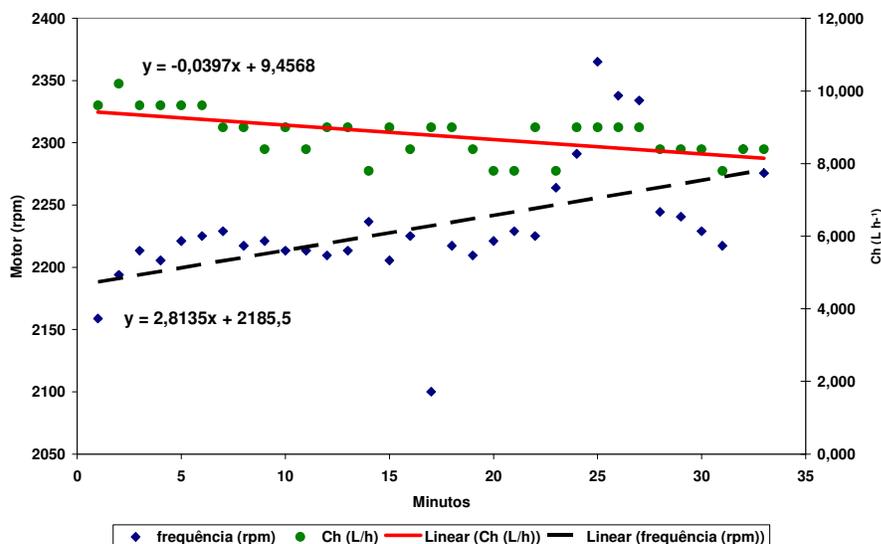


Figura 8 – Curvas do comportamento da frequência do motor e do consumo horário.

A frequência do motor ficou o tempo todo acima de 2.100 rpm, isto pode ser explicado pelo fato do tacômetro do trator não ser digital.

Com relação ao consumo horário de combustível, observa-se, no início do trabalho, o maior consumo, com valor de $10,20 \text{ L h}^{-1}$. Em seguida, ocorreu tendência de redução e, posteriormente, estabilização acima da média, isto é, de $8,78 \text{ L h}^{-1}$ ao longo da linha de amostragem.

Analisando-se a Figura 8, observa-se que o consumo horário de combustível tem comportamento inversamente proporcional à frequência do motor. A frequência do motor tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo horário tendeu a diminuir. Quanto maior a frequência do motor, menor é a exigência de demanda de potência, ou seja, provavelmente, a área trabalhada devia ter menos resíduos no final da avaliação, acarretando em menor consumo horário. Foi observada frequência média do motor de $2.233,33 \pm 49,67 \text{ rpm}$, com valor mínimo de 2.100 rpm e máximo de 2.365,12 rpm e o consumo horário de combustível médio de $8,78 \pm 0,62 \text{ L h}^{-1}$, com valor mínimo de $7,80 \text{ L h}^{-1}$ e máximo de $10,20 \text{ L h}^{-1}$.

Na Figura 9 é apresentada a curva de comportamento do consumo operacional onde se observa, uma tendência de redução durante o trabalho. Durante o trabalho, são observadas pequenas variações e picos, ocorridos

provavelmente, pela variação da quantidade de resíduos e velocidade de deslocamento na área de trabalho.

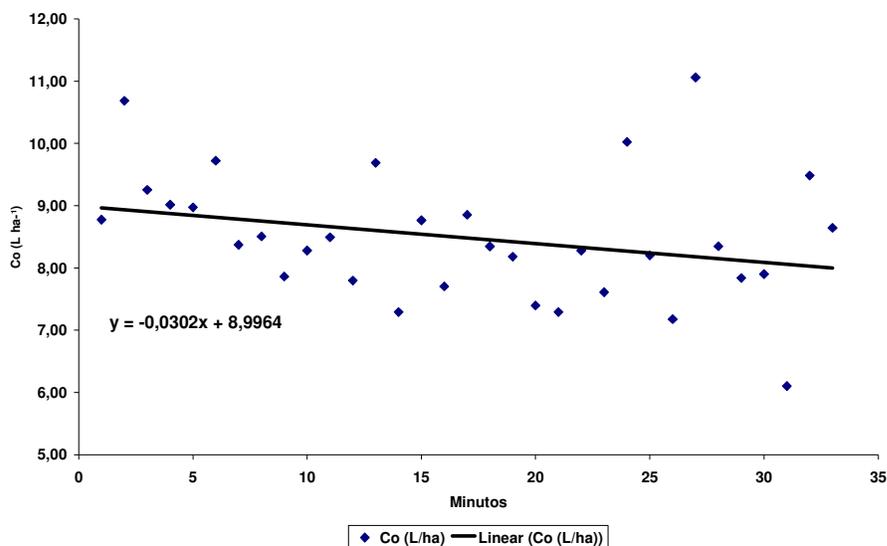


Figura 9 – Curva de comportamento do consumo operacional.

O Quadro 4 apresenta os intervalos de confiança, com 95% de probabilidade, com 5% de significância e com nível de precisão de 5%, em torno da média.

Quadro 4 – Intervalos de confiança para as variáveis frequência da TDP (f_{TDP}), frequência do motor (f_{MOTOR}), consumo horário (Ch), consumo operacional (Co), capacidade de campo teórica (Ct), capacidade de campo efetiva (Ce), eficiência de campo (Efc) e velocidade média de deslocamento (vm).

| Intervalo de Confiança P(0.05) | LI | Média | LS |
|--------------------------------|----------|-----------------|----------|
| f_{TDP} (rpm) | 569,61 | $\leq \mu \leq$ | 578,63 |
| f_{MOTOR} (rpm) | 2.215,78 | $\leq \mu \leq$ | 2.250,88 |
| Ch (L h ⁻¹) | 8,56 | $\leq \mu \leq$ | 9,00 |
| Co (L ha ⁻¹) | 8,13 | $\leq \mu \leq$ | 8,83 |
| Ce (ha h ⁻¹) | 1,01 | $\leq \mu \leq$ | 1,05 |
| Efc (%) | 73,31 | $\leq \mu \leq$ | 76,69 |
| vm (km h ⁻¹) | 5,88 | $\leq \mu \leq$ | 6,12 |

LI = limite inferior do intervalo de confiança; e LS = limite superior do intervalo.

Pode-se concluir que há uma probabilidade fiducial de 95% de que a frequência da TDP esteja entre 569,61 e 578,63 min^{-1} , que a frequência do motor esteja entre 2.215,78 e 2.250,88 min^{-1} , o consumo horário esteja entre 8,56 e 9,00 L h^{-1} , que o consumo operacional esteja entre 8,13 e 8,83 L ha^{-1} e que a capacidade de campo efetiva esteja entre 1,01 e 1,05 ha h^{-1} . Pode-se concluir ainda, que a eficiência de campo esteja entre 73,31 e 76,69%, e que a velocidade média de deslocamento esteja entre 5,88 e 6,12 km h^{-1} . Pode-se concluir, com isso, que, em um grande número de experimentos semelhantes, intervalos análogos aos de extremos determinados anteriormente encerrarão os valores em 95% dos casos.

A partir do processamento dos dados, por meio de sistema de informação geográfica, foram gerados mapas temáticos, apresentados nas Figuras 10, 11, 12, 13 e 14, que apresentam a distribuição espacial dos valores da frequência do motor, velocidade de deslocamento, capacidade de campo efetiva, consumo operacional e da eficiência de trabalho.

A investigação das causas que influenciaram a variação espacial das capacidades de campo teórica e efetiva, e da velocidade de deslocamento no trabalho com a roçadora, pode resultar na descoberta de fatores que influenciaram, pontualmente na área, o desempenho do conjunto trator e roçadora, permitindo, em determinados casos, a adoção de medidas visando melhorar o desempenho da operação. Caso se considere como ideal a frequência do motor de 2.100 (área branca), que corresponde a 27% do mapa, seria necessário pesquisar nas outras áreas, a fim de estudar os fatores, que ocasionaram as variações na frequência do motor. Observando-se a Figura 10, concluiu-se que a frequência do motor que predominou foi a de 2.160 rpm, esse valor corresponde a 57,4% do mapa. Sabe-se que com o aumento da frequência do motor há uma redução no consumo de combustível, pois ocorrerá uma redução na demanda de potência. No começo da avaliação o mapa mostra uma predominância de uma frequência de 2.100 rpm, pode-se dizer que isto ocorreu por causa da maior quantidade de resíduo sobre aquela região da área.

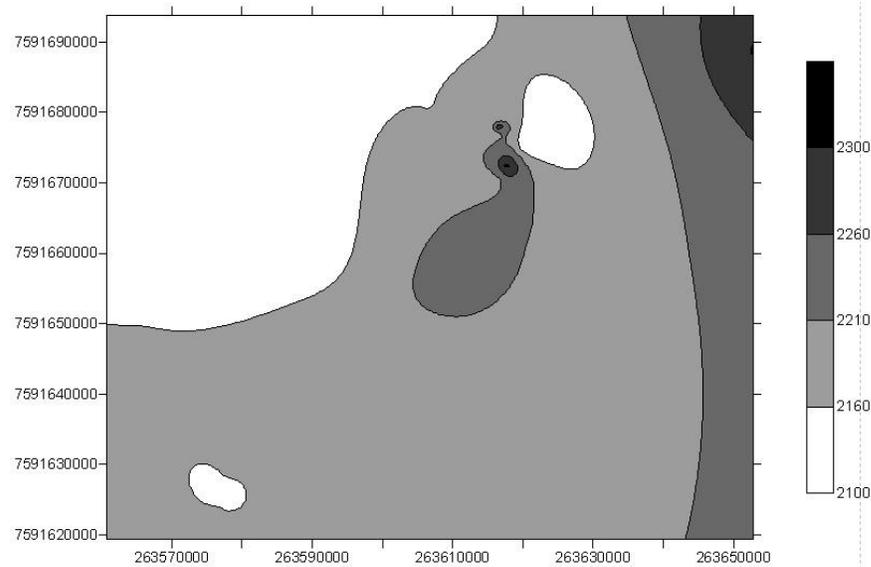


Figura 10 – Mapa temático da frequência do motor (rpm).

Analisando a Figura 11, pode-se observar que a velocidade de deslocamento predominante do conjunto trator e roçadora, dentro da área foi a de $5,93 \text{ km h}^{-1}$ (área cinza claro), que corresponde a 79,7% do mapa. Caso se considere como ideal a velocidade de deslocamento de $6,3 \text{ km h}^{-1}$, seria necessário pesquisar nas outras áreas, a fim de estudar os fatores, que ocasionaram as variações na velocidade de deslocamento do conjunto trator e roçadora.

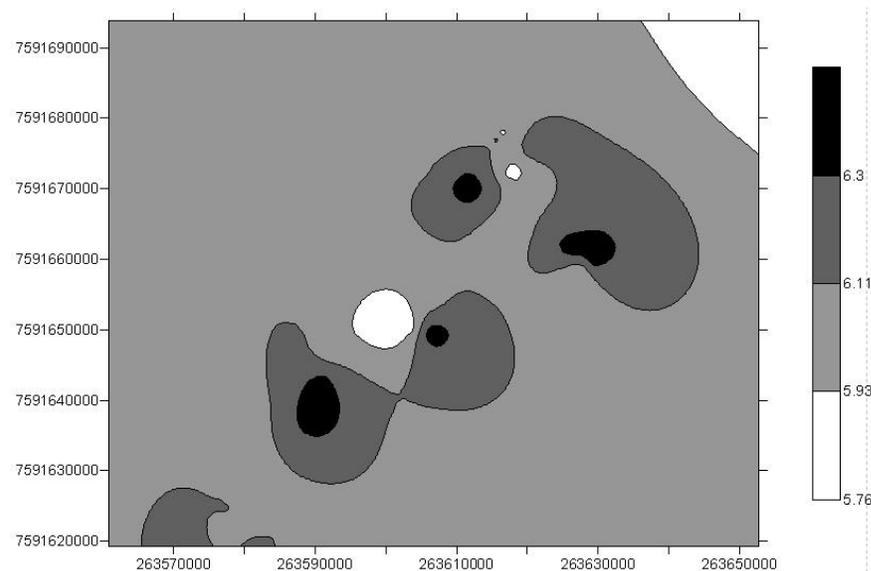


Figura 11 – Mapa temático da velocidade de deslocamento do conjunto (km h^{-1}).

Analisando a Figura 12, pode-se observar que o consumo operacional que predominou na área foi o de $8,2 \text{ L ha}^{-1}$ (área cinza clara), que corresponde a 35,8% do mapa. Caso se considere como ideal o consumo operacional de $7,2 \text{ L ha}^{-1}$ (área branca), que corresponde a 3,5% do mapa, seria necessário pesquisar nas outras áreas, a fim de estudar os fatores, que ocasionaram as variações no consumo operacional. O maior consumo representa 19,2% do mapa.

Comparando os mapas temáticos da freqüência do motor e do consumo operacional, pode observar uma relação inversa entre a freqüência do motor e o consumo operacional. Isso pode ser explicado devido ao motor trabalhar com folga quando se tem uma freqüência alta, e com isso, tem-se um consumo operacional baixo.

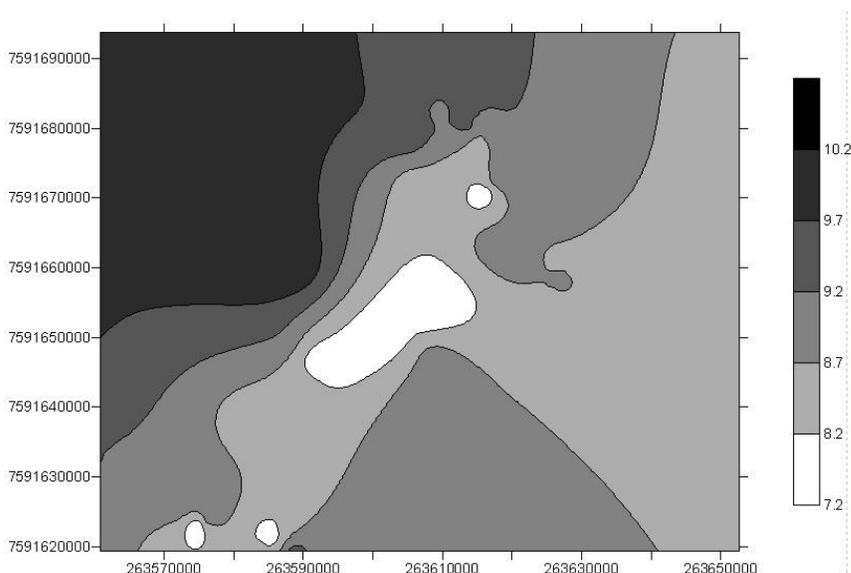


Figura 12 – Mapa temático do consumo operacional (L ha^{-1}).

Analisando a Figura 13, pode-se observar que os valores de capacidade de campo efetiva que predominaram na área foram os de $1,015 \text{ ha h}^{-1}$ e de $1,04 \text{ ha h}^{-1}$, que correspondem a 52,1 e 40,2% do mapa, respectivamente. Caso se considere como ideal a capacidade de campo efetiva de $1,09 \text{ ha h}^{-1}$, seria necessário pesquisar nas outras áreas, a fim de estudar os fatores, que

ocasionaram as variações na capacidade de campo efetiva do conjunto trator e roçadora.

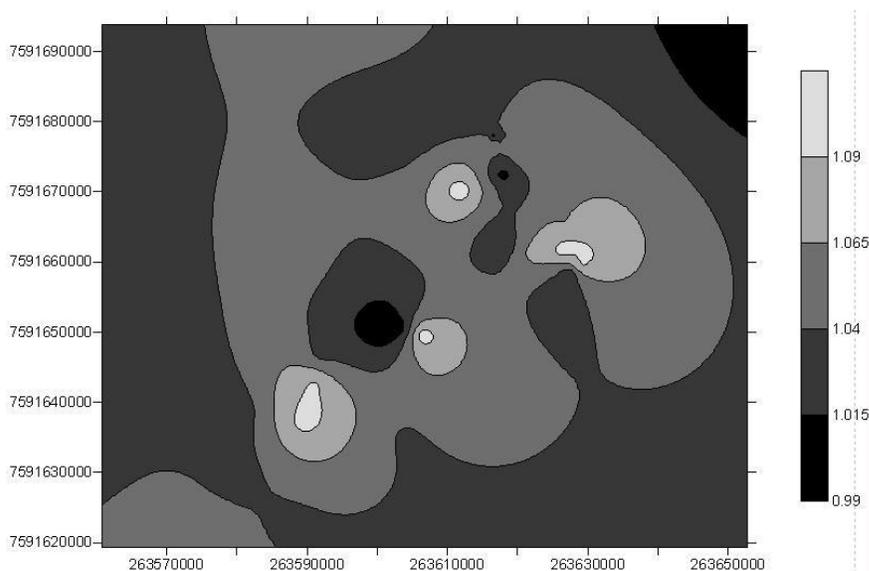


Figura 13 – Mapa temático da capacidade de campo efetiva do conjunto (ha h^{-1}).

Analisando a Figura 14, pode-se observar que a eficiência de campo que predominou na área foi a de 74,8%, que correspondem a 80% do mapa.

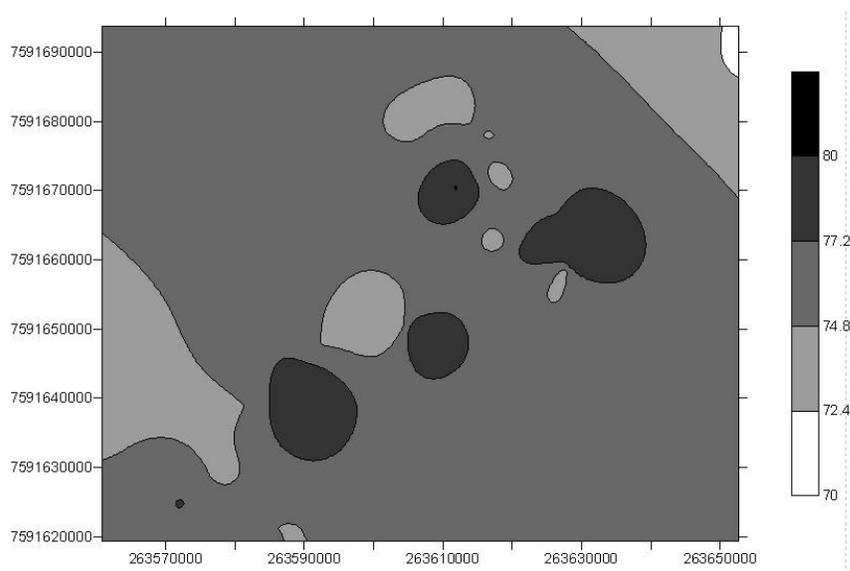


Figura 14 – Mapa temático da eficiência de campo (%).

Caso se deseje uma capacidade de campo efetiva com valor maior, seria necessário pesquisar nas outras áreas, a fim de estudar os fatores, que ocasionaram as variações na capacidade de campo efetiva do conjunto trator e roçadora.

CONCLUSÕES

A freqüência do motor tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo horário e operacional tenderam a diminuir durante o trabalho.

A utilização do sistema de aquisição automática de dados possibilitou a aplicação da tecnologia SIG para mapear a distribuição espacial dos valores da freqüência do motor, do consumo operacional, da capacidade de campo efetiva, da eficiência de campo e da velocidade de deslocamento do conjunto durante o trabalho de roçagem.

A aquisição automática de dados permitiu a obtenção de dados em uma freqüência de registros, com amostragem que pode ser considerada excelente para a análise operacional do motor baseada em estatística descritiva.

O sistema mostrou-se eficiente quanto à compatibilidade na aquisição de dados de posição geográfica (GPS) e a freqüência do motor, o consumo operacional, a capacidade de campo efetiva, a eficiência de campo e a velocidade de deslocamento do conjunto.

O mapeamento dos dados possibilitou a espacialização da freqüência do motor, onde predominou o valor de 2160 rpm, esse valor corresponde a 57,4% do mapa. Do consumo operacional do conjunto trator e roçadora, onde predominou o valor de 8,2 L ha⁻¹, que corresponde a 35,8% do mapa. Das capacidades de campo efetiva do conjunto trator e roçadora, onde predominaram os valores de 1,015 ha h⁻¹ e de 1,04 ha h⁻¹, que correspondem a 52,1 e 40,2% do mapa, respectivamente. Da eficiência de campo do conjunto trator e roçadora, onde predominou o valor de 74,8%, que correspondem a 80% do mapa. E da velocidade de deslocamento do conjunto trator e roçadora, onde predominou o valor de 5,93 km h⁻¹, que corresponde a 79,7% do mapa.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), por financiar o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. M. **Roçadora: Desempenho da velocidade de deslocamento e da rotação do rotor**. 126p. 1996 Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology Harvester and forage harventing, 742, p.243-6, 1997.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 307p, 2005.

BARBOZA, J. P. **Estudo de transmissões em roçadoras com e sem defletor**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP. Botucatu, p.76. 2000. (Dissertação de Mestrado).

BOLLER, W.; KLEIN, A. V.; GUARESSCHI, F. R.; GRAEFF, E. Desempenho de um picador de palha na trituração de plantas (*Secale cereale* L.), para cobertura do solo. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 22, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/ Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, p.1554-64, 1993.

CASTELLI, G.; MAZZETTO, F. Automatic system for monitoring and recording

farm field activities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4o., Cancun, Mexico, **Anais...** Cancun, p.548-556, 1996.

CORDEIRO, M. A.; BENEZ, S. H. Consumo de combustível em tratores agrícolas tracionando carretas e roçadoras montadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, Iperó, São Paulo, **Anais...** Iperó: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/CENEA, p.328-38, 1988.

CORRÊA, I. M. **Desempenho operacional de pneus radiais e diagonais em função da pressão de inflação, da condição de superfície do solo e da condição de acionamento da tração dianteira.** Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP – Botucatu, p.155. 2000 (Tese de Doutorado).

FERRETI, G.; GUARESSCHI, F. R.; GRAEFF, E. Determinação do momento torçor em máquinas agrícolas acionadas pela TDP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, Viçosa. **Resumo...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.371, 1995.

GIORDANI, F. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição e armazenamento de dados microcontrolado.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE – Cascavel, p.93. 2008 (Dissertação de Mestrado).

GONÇALEZ, D. A. A utilização de roçadora de arrasto em pastagens. **Circular Técnico Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu.** São Paulo, nº 049, p.3, 1980.

GONÇALVES, G. **Estudo de órgãos ativos de corte de uma roçadora.** 70p. 1997. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GRISSE, R. D.; JASA, P. J.; ROLOFSON, D. Analysis of traffic patterns and yield monitor data for field efficiency determination. **Applied Engineering in Agriculture**, v.18, n.2, p.171-178, 2002.

- JESUINO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP – Botucatu, p.64. 2007. (Dissertação de Mestrado).
- KURACHI, S. A. H.; SILVEIRA, G. M. Compactação do solo em cafezal provocada por diferentes métodos de cultivo. **Boletim Técnico Instituto Agrônomico**, Campinas, n.92, p.1-28, 1984.
- LINO, A.C.L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Análise de fragmentação realizada por uma roçadora. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 24, 1995, Viçosa. **Resumo...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995, p.333, 1995.
- MAZZETTO, F. L'acquisizione dei dati aziendali in tempo reale. **Genio Rurale**, v.12, n.1, p.20-30, 1996.
- MAZZETTO, F.; LANDONIO, S. Hardware and software developments applied to a system for the automatic organization of computerized notebooks. In EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2o., **Anais...** Odense: SCI Agricultural and Environment Group, V.1, p.53-54, 1999.
- MIALHE, L. G.; SILVEIRA, G. M. Dinamometria de roçadoras de arrasto com diferencial de caminhão. **O solo**, Piracicaba, v.65, n.1, p.31-40, 1973.
- MOLIN J. P. **Contribuições a agricultura de precisão no Brasil**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP – Piracicaba, 110p. 2005. Texto (Livre-Docência).
- MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP – Botucatu, p.69. 2008 (Dissertação de Mestrado).

PECHE FILHO, A. O uso correto de máquinas agrícolas. **Revista Toda Fruta**, São Caetano do Sul, v.14, n.48, p.38-48, 1990.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 4.ed. Piracicaba, p.281, 2005.

SAAD, O. **Máquinas e técnicas de preparo inicial do solo**. São Paulo: Nobel, 99p, 1984.

SILVEIRA, G. M. O uso de roçadoras no controle de ervas daninhas em cafezais. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 06/01/1974, Suplemento Agrícola, p.14, 1974.

SILVEIRA, G. M. Mecanização em pastagens. **Circular Técnico Instituto Agrônômico**. Campinas, n.29/30, p.275-299, 1978.

SILVEIRA, G. M. O uso incorreto das roçadoras deslocadas. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 02/06/1980, Suplemento Agrícola, p.4, 1980.

SILVEIRA, G. M. Limpeza das pastagens com roçadoras. **Revista dos Criadores**. São Paulo, v.56, n.686, p.48-49, 1987.

SILVEIRA, G. M. Roçadoras, tipos e aplicações. **Revista dos Criadores**. São Paulo, v.57, n.698, p.34-35, 1988.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator**. Viçosa: Aprenda Fácil, v.1, p.312, 2001a.

SILVEIRA, G. M. Sistema informativo de operação em campo, baseado na aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.365-368, 2001b.

SILVEIRA, G. M.; BERNARDI, J. A. Estudo do consumo de energia por órgãos

ativos de roçadora. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.245-252, 2001.

SILVEIRA, G. M.; FUJIWARA, M. Análise do desempenho de carpidoras para cafezal. **O Agrônomo**, Campinas, v.31, n.1, p.71-80, 1979.

SILVEIRA, G. M.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M.; YANAI, K.; BERNARDI, J. A. Rotação do motor de um trator em operação com roçadoras na cultura do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, n.1, p.74-80, 2006.

STORINO, M.; PIROT, R.; TISSEYRE, B.; SEVILA, F. Performance du tracteur comme indicateur de l'état du sol em agriculture de précision: première approach em riziculture camarguaise. In: AGRICULTURE DE PRECISION: AVANCÉES DE LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE, 1^o., Dijon. **Anais...** Dijon, Cemagref-ENESAD, v.1, p.103- 115, 2000.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; AMIM, R. T.; TOURINO, C. C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.4, p.441-448, 2008.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; GRAVINA, G. A. Caracterização estatística de variáveis usadas para ensaiar uma semeadora-adubadora em semeadura direta e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.559-567, 2009.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S.; FERNANDES, P. G; AZEVEDO, E. B.; KLAVER, P. P. Desempenho de conjunto trator e semeadora-adubadora na semeadura direta de *Crotalaria juncea*. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.3, n.2, p.78-86, 2010.

YULE, I. J.; KOHNEN, G.; NOWAK, M. In field mapping of tractor performance. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2o., Odense. **Anais...** Odense: SCI Agriculture and Environment Group, v.1, p.66-67, 1999.

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE ARAÇÃO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional de um conjunto trator e grade aradora no preparo de uma área para semeadura de milho. O trabalho foi conduzido por um trator modelo John Deere 5705 4x2 TDA e uma grade aradora modelo Baldan CRI 14x28. O trator trabalhou em uma velocidade média de deslocamento de 7,22 km h⁻¹. Após a operação, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de 564,33 rpm; frequência média do motor de 2.194,62 rpm; consumo horário médio de 8,60 L h⁻¹; consumo específico médio de 579,86 g kW⁻¹ h⁻¹; consumo operacional médio de 9,05 L ha⁻¹; consumo energético por área trabalhada médio de 12,87 kW h⁻¹ ha⁻¹; força na barra de tração média de 6,11 kN; potência disponível na barra de tração média de 12,25 kW; rendimento na barra de tração média de 20,91%; capacidade de campo teórica média de 1,32 ha h⁻¹; capacidade de campo efetiva média de 0,95 ha h⁻¹; eficiência de campo média de 72,17%; patinação do rodado do trator média de 12,15%. Concluiu-se que o sistema foi eficiente, demonstrando sua aplicabilidade como ferramenta de automação para gestão administrativa, em operações mecanizadas com grades aradoras.

Palavras-chave: preparo de solo, grade aradora, desempenho de máquinas.

OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING PLOWING OPERATION

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of a tractor and harrow to prepare a field for planting of maize (*Zea mays*). The study was conducted using a John Deere tractor model 5705 4x2 TDA model and a harrowing Baldan CRI 14x28. The tractor worked in an average speed of 7.22 km h⁻¹. After the operation, the records were processed, obtaining the following values: average frequency of TDP⁻¹ 564.33 rpm; average frequency of engine 2194.62; average fuel consumption of 8.60 L h⁻¹; average specific consumption of 579.86 g kW⁻¹ h⁻¹; average operating consumption of 9.05 L ha⁻¹; fuel consumption per hectare average of 12.87 kW⁻¹ h⁻¹; traction force average of 6.11 kN; power available average of 12.25 kW; theoretical field capacity average of 1.32 ha h⁻¹; average effective field capacity of 0.95 ha h⁻¹; field efficiency average of 72.17% and the slippage of the tractor wheel 12.15%. It was concluded that the system was efficient, demonstrating its suitability as an automation tool for management, in mechanized operations with disk harrow. The system can be used in other areas of agricultural mechanization.

Keywords: soil preparation, harrowing, performance of machines.

INTRODUÇÃO

A intensificação do uso de máquinas agrícolas, no Brasil, começou a partir da década de 60, fruto do processo de modernização da agricultura, sendo o trator agrícola considerado o eixo da mecanização na agricultura moderna. Em relação ao trabalho manual, o uso do trator agrícola reduziu de forma significativa

a carga física a qual o trabalhador encontrava-se submetido, tornando-se responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola e, por outro lado, também pelo aumento do consumo de energia nas atividades de campo (JESUINO, 2007).

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis e fornecê-la na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas. Embora o trator também possa ser utilizado para prover energia através da tomada de potência ou por meio do sistema hidráulico (MONTEIRO, 2008).

A utilização do trator, dentro da propriedade agrícola é muito diversificada, e a busca otimizada de seu desempenho se justifica, principalmente quando se leva em conta que o tráfego de máquinas pesadas é um fator negativo para a maioria das operações agrícolas, podendo provocar compactação do solo como também aumento no consumo de energia.

Dentro de uma economia global, na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente quando estão relacionadas à otimização da relação custo/benefício. Entretanto, pesquisas que informem em nível nacional, novas técnicas que possam ser incorporadas nas atividades operacionais de campo, como melhorias estratégicas, são limitadas, embora sejam de fundamental importância para a redução de alguns fatores dos custos da produção agrícola (MONTEIRO, 2008).

O objetivo do trabalho realizado foi avaliar o desempenho de um trator agrícola durante a operação de aração, utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados, determinando-se o consumo de combustível horário, operacional e específico, consumo energético por área trabalhada, frequência do motor, força de tração, potência na barra de tração, capacidade de campo teórica e efetiva, eficiência de campo, e patinagem dos rodados do trator.

REVISÃO DE LITERATURA

A transformação da energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica, possibilita que um trator possa fornecer energia através de diversas formas; porém, é através da barra de tração que a utilização dessa energia gerada é mais comum, pois permite tracionar máquinas e implementos agrícolas (SRIVASTAVA et al., 1996).

A capacidade de tração e fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, pressão de inflação, carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ & GRISSO, 2003).

Como ocorre em todo sistema de transmissão de energia, no sistema de transmissão de potência do motor para a barra de tração existem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores de seu desempenho. Nas avaliações de perda de potência efetuadas por ZOZ (1997), nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo para tratores 4x2 estas podem variar de 20% em pistas de concreto até 53 % em solo solto.

Outro ponto importante na avaliação do desempenho do trator e que está relacionado com o desempenho na barra de tração é o consumo de combustível. Conforme JENANE et al. (1996), dependendo da superfície do solo, o menor consumo de combustível é obtido quando a patinação está entre 10 e 30%. Entretanto, ASAE (1999a) relata que, em solos firmes, o melhor desempenho de trator ocorre quando a patinação está entre 8 e 10%.

Devido ao complexo conjunto de fatores que envolvem a interação do rodado com o solo, vários estudos e modelos foram propostos visando avaliar a eficiência de tração, procurando quantificar ou avaliar esses mecanismos de interação rodado-solo. Em seus estudos, WISMER & LUTH (1974) desenvolveram uma equação largamente utilizada para avaliar a eficiência de tração, em condições de campo, para pneus de constituição diagonal. Visando aperfeiçoar esta equação, várias alterações foram propostas ao longo dos anos

por vários autores. A equação de BRIXIUS (1987) tem sido a mais utilizada e adotada pela American Society of Agricultural Engineers (1999b) e outros autores.

De acordo com a definição da ASAE (1999c), a tração pode ser definida como a força, na mesma direção e sentido do deslocamento, produzida por um trator na barra de tração. O desempenho na barra de tração de um trator depende, primariamente, da potência do motor, da distribuição de peso sobre os rodados, altura e posição dos engates da barra e da superfície do solo (ASAE, 1999b). A eficiência no uso dessa força é limitada pela ação dos dispositivos de tração, que nos tratores agrícolas, geralmente, são rodas pneumáticas (SRIVASTAVA et al., 1996).

Uma roda em movimento pode ser considerada de três maneiras distintas: movida, quando há somente uma força externa para seu deslocamento não existindo torque em seu eixo; autopropelida, quando seu eixo possui torque suficiente apenas para o seu deslocamento e motriz, quando esta desenvolve tração (WISMER & LUTH, 1974).

A instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaios de campo tem por finalidade a geração de informações, através de sensores instalados nestas e nos implementos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso desses conjuntos (SILVA et al., 2001).

SILVA & BENEZ (1997) construíram um sistema de aquisição de dados para medir, exibir e gravar os dados necessários à avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas em trabalhos de campo, usando um sistema eletrônico de aquisição de dados e instrumentos indicadores digitais. Concluíram esses autores que, a grande vantagem do sistema eletrônico de aquisição de dados é a variação na taxa de amostragem e a grande quantidade de dados coletados durante a realização dos ensaios, possibilitando o estudo da grandeza monitorizada de modo detalhado.

CORDEIRO (2000) mostrou que as avaliações diretas do desempenho de tratores em condições de campo são obtidas através da instrumentação e monitoramento dos mesmos, permitindo assim a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator. O autor realizou um estudo de desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento e concluiu que estes fatores

alteraram significativamente a conversão energética, a patinagem e a força de tração do trator.

Os efeitos da velocidade de deslocamento e das condições da superfície do solo no rendimento de tração, a relação entre a carga sobre o eixo motriz, a tração e a potência disponível foram estudados por JENANE & BASHFORD (2000), tendo concluído que a máxima eficiência tratória foi de 90% para solo firme e 70% para solo solto e que, na velocidade de trabalho, a relação entre a carga sobre a árvore motriz e a potência disponível, para rendimento máximo de tração, foi entre 105 e 145 kg Kw⁻¹, para o solo arado e solo firme, respectivamente.

CORRÊA et al. (2000) analisaram quatro condições de peso total do trator Agrale Deutz BX 4150, com tração dianteira auxiliar, (73,7; 74,9; 75,7 e 79,5 kN) e a distribuição desses pesos em ensaios em pista de concreto e concluíram que o trator ensaiado, pode ser utilizado com peso total entre 73,7 e 75,7 kN, o que representou uma redução de 5,9 kN em relação ao máximo lastro permissível. Além disso, segundo os autores, a montagem que proporcionou o melhor desempenho de tração foi uma distribuição percentual em torno de 40% do peso total no eixo dianteiro.

Na avaliação do desempenho operacional de um trator agrícola, em área coberta com diferentes tipos de cobertura vegetal, GABRIEL FILHO et al. (2004) concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar a patinagem e, com isso, diminuir a eficiência de tração.

Nos tratores agrícolas a patinagem dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado implemento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, conforme relatado por HERZOG et al. (2002). LANÇAS & UPADHYAYA (1997) concluíram que, além dos fatores já citados (tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado, tipo da banda de rodagem e condições do solo) a declividade e teor de água do solo também afetam a patinagem das rodas motrizes do trator.

A patinagem das rodas motrizes nos tratores pode ser obtida através da diferença entre as suas rotações com e sem carga no trator, representando os percursos do trator tracionando um implemento e aquele nas mesmas condições depois de desacoplado o implemento (MIALHE, 1996).

Para que ocorra tração é necessário que exista patinação, entretanto, se esta ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados (LANÇAS & UPADHYAIA, 1997).

HERZOG et al. (2002), ao avaliarem a patinação do trator na operação de semeadura em duas profundidades de deposição de adubo (6 e 12 cm), observaram que a patinação das rodas motrizes do trator foi 56 % maior na profundidade de 12 cm em relação à profundidade de 6 cm.

Nos estudos com um trator Massey Ferguson 292 (4x2) turbo, ACUÑA et al. (1995) viram que a patinação dos rodados ficou entre 10,7 e 26,4 %, operando em solos com e sem preparo do solo. Os valores menores foram encontrados com o trator operando em solo sem preparo inicial, isto pode ser atribuído à maior concentração de restos da cultura, uma vez que o contato pneu-solo está diretamente relacionado com o desempenho dos rodados.

GU & KUSHWARA (1994) analisaram a distribuição de carga dinâmica e desempenho tratorário de um trator 4x4, operando com pressão de inflação nos pneus de 124 kPa, em 7 (sete) condições de patinação (0 – 25%) obtidas de acordo com sete marchas do trator lastrado, concluindo que se a patinação for maior que 7%, a distribuição de potência é afetada somente pela distribuição da carga dinâmica. Esta distribuição de carga dinâmica deve ser de cerca de 48% para solo cultivado e de 54% para solo sem preparo para reduzir o esforço de tração e manter uniforme a distribuição de peso sobre os rodados.

Para se obter a máxima eficiência de tração com um menor consumo específico de combustível em um trator Massey Ferguson 3080, JENANE et al. (1996) recomendaram que o trator deveria trabalhar com um valor mínimo de 0,4 para o coeficiente de tração dinâmico.

Na implantação de culturas agrícolas, o consumo de combustível é função de vários fatores tais como: adequação e condição do conjunto trator-implemento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, tempo de manobras e, principalmente, do número de operações agrícolas adotadas no processo de produção (CORRÊA et al., 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de trabalho

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ (Figura 1). As coordenadas geográficas do local são 21° 45' 15" de latitude sul e 41° 19' 28" de longitude oeste, com altitude de 12 m do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. O solo é caracterizado como Latossolo Amarelo eutrófico (PRADO, 2005), característico da região.



Figura1 – Localização da área experimental (Fonte: Google Earth).

A área estava coberta por restos de *Crotalaria juncea* L. e vegetação espontânea e foi roçada antes da operação de aração.

O experimento foi conduzido nos meses de agosto e setembro de 2010, com o levantamento dos dados sendo feito em cinco dias consecutivos, de modo a não receber influência de variações climáticas. Durante o período, não houve precipitações sobre a área, não alterando, de forma acentuada, as condições de umidade.

Antes de começar o trabalho de aração foi realizada uma amostragem do solo para o levantamento do teor de água no solo e sua densidade.

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme EMBRAPA (1997). As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm de profundidade, realizando-se seis repetições na área experimental.

O solo foi coletado com o uso de amostrador tipo UHLAND (Figura 2), posteriormente, acondicionado em sacos plásticos vedado com fitas adesivas para transporte ao laboratório, sendo então pesados em balança digital de precisão de 0,01 g e levados à estufa elétrica, com temperatura de aproximadamente 105 °C por 24 horas, sendo que após este processo foram submetidos à nova pesagem apresentando umidade de 25,74%.



Figura 2 – Coleta das amostras de solo para a determinação do teor de água e densidade.

Utilizou-se o método do anel volumétrico para determinar a densidade do solo, realizado em amostras retiradas na camada de 0-10 cm de profundidade, conforme descrito em (EMBRAPA, 1997) apresentando densidade média de 1,16 g cm⁻³.

No cálculo dos valores médios do teor de água e, de sua variação ao longo da área experimental, obteve-se um coeficiente de variação de 9,3%, caracterizando uma baixa variação nos valores de teor de água, indicando uma uniformidade de teor de água do solo na área experimental durante o experimento.

No cálculo dos valores médios de densidade e, de sua variação ao longo da área experimental, obteve-se um coeficiente de variação de 2,9%, caracterizando uma baixa variação nos valores de densidade, indicando uma uniformidade de densidade do solo na área experimental durante o experimento.

O clima da região é classificado, segundo KÖPPEN (1948), como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e o mais quente, em torno de 27°C. A região caracteriza-se por apresentar precipitação média anual de 1.050 mm, concentrando-se nos meses de outubro a janeiro.

Descrição do conjunto mecanizado.

No trabalho de campo, utilizou-se um conjunto trator e grade aradora. O trator utilizado foi um John Deere (Quadro 1). Durante o experimento a tração dianteira auxiliar foi acionada com o trator operando em condições normais, sem o bloqueio do diferencial. No trabalho utilizou-se a marcha 3B a 2100 rpm no motor. No trator foram acoplados a grade aradora e os instrumentos para registro e aquisição de dados do medidor de consumo de combustível, do sensor de frequência da TDP e entre a barra de tração e o cabeçalho da grade aradora foi acoplada a célula de carga.

Quadro 1 - Características técnicas do trator.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Marca: | John Deere |
| Modelo: | 5705 4x2 TDA |
| Motor: | John Deere/4045T |
| Número de cilindros: | 4 |
| Potência máxima no motor à 2.400 rpm: | 63 kW (85 cv) |
| Potência máxima na TDP: | 53 kW (72 cv) |
| Potência no motor à 2.100 rpm | 58,57 kW (79,02 cv) |
| Potência na TDP a 540 rpm: | 50,37 kW (67,96 cv) |
| Bitola dianteira: | 1,65 m |
| Bitola traseira: | 1,65 m |

A grade aradora utilizada no experimento foi a modelo CRI, tipo de arrasto, constituída com 14 discos recortados de 28", e largura de trabalho de 1.750 mm, com controle remoto (Quadro 2). A grade aradora trabalha acoplada à barra de tração do trator.

Quadro 2 - Características técnicas da grade aradora.

| | |
|--|---------------------------|
| Marca: | Baldan |
| Modelo: | CRI |
| Largura de corte: | 1,75 m |
| Número de discos: | 14 |
| Diâmetro dos discos: | 28" |
| Espaçamentos entre discos: | 270 mm |
| Acoplamento ao trator: | Barra de tração |
| Potência requerida no motor do trator: | 63 kW (85 cv) |
| Funcionamento: | Centralizada ou deslocada |
| Tipo de rodado: | Rodado simples |
| Massa: | 1.521 kg |



Figura 3 – Conjunto trator e grade aradora.

Descrição do sistema de aquisição automática de dados

O sistema de aquisição automática de dados foi composto por sensores para determinação do fluxo de combustível, frequência da TDP e força de tração e um coletor de dados além de um sistema de posicionamento global (GPS).

Para a determinação do fluxo de combustível, utilizou-se o sensor modelo Oval M-III LSF45L0-M2, com capacidade de leitura de 10 mL pulso^{-1} (Figura 4).

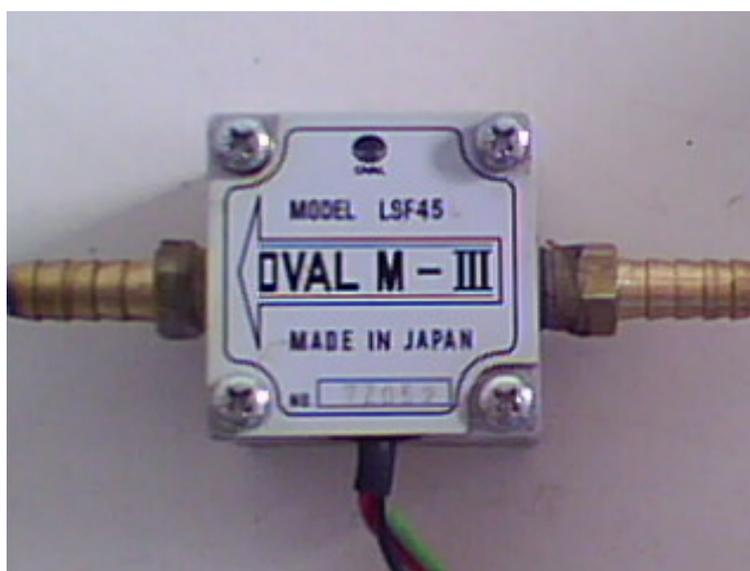


Figura 4 – Sensor para determinação do fluxo de combustível.

O sensor foi instalado na linha de alimentação de combustível depois do primeiro filtro de combustível. No retorno dos bicos e bomba injetora, entre o medidor e a bomba de sucção, foi conectado um T, de forma a representar o sistema em um circuito fechado (Figura 5) . Instalou-se antes e depois do sensor, uma mangueira de 2 m, para garantir que o fluxo do combustível pelo medidor seja laminar e não turbulento.

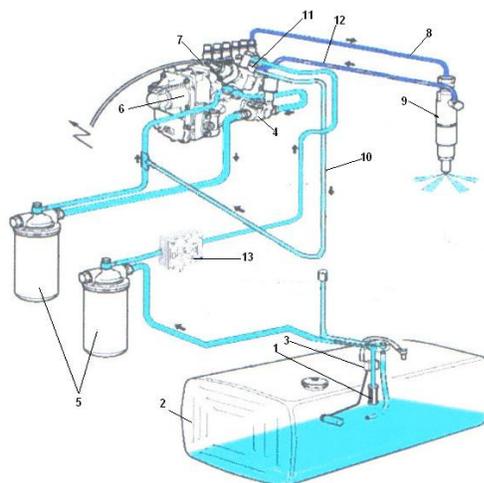


Figura 5 – Esquema de montagem do sensor de fluxo de combustível.

- 1- Tubo de sucção com filtro;
- 2- Reservatório de combustível;
- 3- Medidor de nível de combustível;
- 4- Bomba alimentadora;
- 5- Filtros de combustível;
- 6- Bomba injetora;
- 7- Válvula de combustível;
- 8- Tubo de pressão;
- 9- Bico injetor;
- 10- Linha de retorno (desvio para alimentação);
- 11- Válvula de alívio;
- 12- Tubo de retorno de combustível; e
- 13- Sensor de fluxo de combustível.

Para a determinação da frequência de funcionamento da TDP, utilizou-se o sensor do tipo indutivo modelo Dickey-john. O sensor foi utilizado próximo a TDP do trator, enquanto que, no eixo da TDP, instalou-se uma peça metálica permitindo ao sensor detectar sua presença gerando um sinal de saída correspondente à frequência de rotação deste eixo (Figura 6).

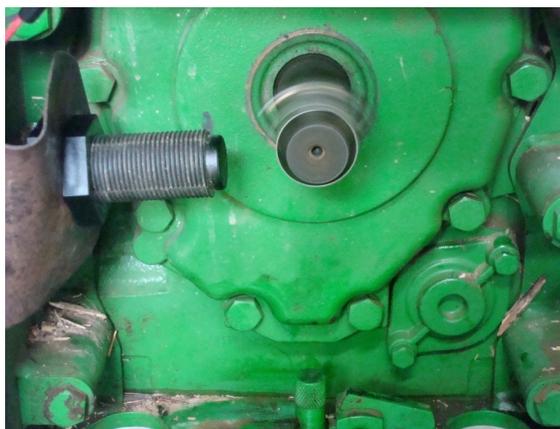


Figura 6 – Sensor indutivo usado para determinar a frequência da TDP.

Para a determinação da força de tração, utilizou-se uma célula de carga marca SCHIMIZU, modelo T400, com sensibilidade de 2,8972 mV/V e escala nominal de 10 tF (FIGURAS 7 e 8).



Figura 7 – Célula de carga, sensor usado para determinar a força de tração.



Figura 8 – Montagem da célula de carga durante o trabalho.

Para a determinação da posição do conjunto trator e roçadora, utilizou-se um aparelho de GPS modelo Garmin 60Csx.

Para a coleta dos dados obtidos pelos sensores de fluxo de combustível, indutivo e célula de carga, utilizou-se um sistema de aquisição de dados, modelo Campbell Scientific CR1000. O coletor de dados possui capacidade para armazenamento de até 4.000.000 de dados.

Nos registros de dados, foram consideradas as variáveis: consumo de combustível horário, frequência da TDP, força de tração, data e hora da coleta dos dados.

Determinação das variáveis relacionadas ao desempenho do conjunto trator e roçadora

Durante as avaliações de campo do conjunto trator e grade aradora, algumas variáveis foram determinadas de forma direta pelos sensores de fluxo, indutivo e célula de carga, como o consumo de combustível instantâneo, frequência da TDP e força exigida na barra de tração. Outras variáveis foram determinadas de forma indireta.

Para determinar a frequência do motor do trator, utilizou-se os dados obtidos de frequência da TDP, gerados pelo sensor indutivo, de acordo com a Equação 1.

$$f_{\text{Motor}} = f_{\text{TDP}} \times 3,89 \quad \text{eq .1}$$

em que:

f_{Motor} = frequência do motor, rpm;

f_{TDP} = frequência da TDP, rpm; e

3,89 = fator de conversão.

Para determinar o consumo de combustível horário, foram utilizados os dados obtidos pelo sensor de fluxo de combustível.

Os pulsos gerados pelo sensor de fluxo foram convertidos em volume, considerando a relação de 10 mL pulso⁻¹.

O cálculo do consumo horário foi realizado de acordo com a Equação 2.

$$Ch = \frac{v}{t} \times 3,6 \quad \text{eq .2}$$

em que:

Ch = consumo horário, L h⁻¹;

v = volume consumido, mL;

t = tempo de percurso na parcela, s; e

3,6 = fator de conversão.

O cálculo do consumo específico de combustível foi realizado de acordo com a Equação 3.

$$C_{\text{esp}} = \frac{Ch \times d}{P_{\text{bt}}} \times 1000 \quad \text{eq .3}$$

em que:

C_{esp} = consumo específico, g kW⁻¹ h⁻¹;

d = densidade do combustível, 0,825 g L⁻¹; e

P_{bt} = potência na barra de tração, kW.

O cálculo do consumo operacional foi realizado de acordo com a Equação 4.

$$Co = \frac{Ch}{Ce} \quad \text{eq .4}$$

em que:

Co = consumo operacional, $L \text{ ha}^{-1}$; e

Ce = capacidade de campo efetiva, ha h^{-1} .

O cálculo do consumo energético por unidade de área trabalhada foi realizado de acordo a Equação 5.

$$Cet = \frac{Pbt}{Ce} \quad \text{eq .5}$$

em que:

Cet = consumo energético por área trabalhada, kW h ha^{-1} .

A partir dos valores de força de tração obtidos pela célula de carga, a força de tração média foi calculada de acordo com a Equação 6.

$$Fm = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{t} \quad \text{eq .6}$$

em que:

Fm = força de tração média, kN ; e

F_i = força de tração instantânea, kN .

O cálculo da potência demandada na barra de tração foi realizado em função da força de tração e da velocidade de deslocamento, conforme a Equação 7.

$$P_{bt} = \frac{F_m \times v_r}{3,6} \quad \text{eq .7}$$

em que:

v_r = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h^{-1} .

O cálculo do rendimento na barra de tração foi realizado de acordo com a Equação 8.

$$R_{bt} = \frac{P_{bt}}{P_m} \times 100 \quad \text{eq .8}$$

em que:

R_{bt} = Rendimento na barra de tração, %; e

P_m = potência no motor, 58,57 kW (conforme informação do fabricante).

A capacidade de campo teórica foi determinada por meio da largura útil de corte da grade aradora e sua velocidade de deslocamento teórico, de acordo com a marcha de trabalho selecionada. O trabalho foi realizado utilizando-se a marcha 3B, que corresponde a 10 km h^{-1} . A capacidade de campo teórica foi calculada pela Equação 9.

$$C_t = \frac{L \times v_t}{10} \quad \text{eq .9}$$

em que:

C_t = capacidade de campo teórica, ha h^{-1} ;

L = largura útil de corte da roçadora, m; e

v_t = velocidade teórica de deslocamento do conjunto, km h^{-1} .

A capacidade de campo efetiva foi determinada utilizando-se o valor da velocidade real de deslocamento e a largura útil de corte da grade aradora. A largura útil de trabalho da grade aradora foi medida no campo. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 10.

$$C_e = \frac{L \times v_r}{10} \quad \text{eq .10}$$

em que:

C_e = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹.

O cálculo da eficiência de campo foi realizado de acordo com a Equação 11.

$$E_{fc} = \frac{C_e}{C_t} \times 100 \quad \text{eq .11}$$

em que:

E_{fc} = eficiência de campo, %.

A patinação dos rodados do trator foi realizada pela Equação 12. Cada dado de patinação foi obtido deslocando-se o trator para suas rodas completarem cinco voltas.

$$Pat = \left(\frac{A_1 - A_n}{A_1} \right) \times 100 \quad \text{eq .12}$$

em que:

Pat = patinação das rodas motrizes, %;

A_1 = avanço sem carga por número de voltas, m.; e

A_n = avanço com carga por número de voltas, m.

A velocidade média de deslocamento foi adquirida utilizando o aparelho de GPS.

Avaliação estatística

Os dados foram analisados por meio de amostragem e para a apresentação dos mesmos foi utilizada a estatística descritiva buscando as medidas de tendência central e da ocorrência de variabilidade para representar os resultados.

Pela técnica de amostragem simples ao acaso (ASA), foram obtidos os intervalo de confiança para a média através da teoria normal que foi obtida pela Equação 7, no caso da amostragem de uma população infinita, ou tirada, com reposição, de uma população finita (VALE et al., 2008, VALE et al., 2009, VALE et al., 2010).

$$IC_{95\%} = \hat{\gamma} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \times \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad \text{eq .7}$$

em que:

$IC_{95\%}$ = intervalo de confiança para a média populacional, com 95% de probabilidade;

$\hat{\gamma}$ = estimador da média amostral;

t = $t(\alpha/2)$ (n-1) quantil da distribuição de Student para testes de significância (bilateral 5%);

s = estimador do desvio padrão da amostra; e

n = tamanho da amostra ideal.

A estimativa do tamanho da amostra ideal (n) foi obtida pela Equação 8.

$$n = \left(\frac{t^2 \times s^2}{d^2} \right) \quad \text{eq .8}$$

em que:

s^2 = estimador da variância amostral; e

d = semi-amplitude do intervalo de confiança (em decimal) para a média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas dos parâmetros média, mediana, moda e coeficiente de variação (CV) das variáveis: frequência da TDP (f_{TDP}); frequência do motor (f_{MOTOR}); consumo horário (Ch); consumo específico (Cesp), consumo operacional (Co); consumo energético por área trabalhada (Cet), força na barra de tração (Fm), potência disponível na barra de tração (Ptb), rendimento na barra de tração (Rbt), capacidade de campo teórica (Ct); capacidade de campo efetiva (Ce); eficiência de campo (Efc); patinação dos rodados do trator (Pat) e velocidade média de deslocamento (vm), são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Estimativas da média, mediana, moda e coeficiente de variação de populações normalmente distribuídas para frequência da TDP (f_{TDP}), frequência do motor (f_{MOTOR}), consumo horário (Ch), consumo específico (Cesp), consumo operacional (Co), consumo energético por área trabalhada (Cet), força na barra de tração (Fm), potência disponível na barra de tração (Pbt), rendimento na barra de tração (Rbt), capacidade de campo teórica (Ct), capacidade de campo efetiva (Ce), eficiência de campo (Efc), patinação dos rodados do trator (Pat) e velocidade média de deslocamento (vm).

| Parâmetros monitorados | Média | Mediana | Moda | CV(%) |
|--|----------|----------|----------|-------|
| f_{TDP} (rpm) | 564,33 | 562,00 | 562,00 | 2,34 |
| f_{MOTOR} (rpm) | 2.194,63 | 2.185,56 | 2.185,56 | 2,34 |
| Ch (L h ⁻¹) | 8,60 | 8,40 | 9,00 | 7,12 |
| Cesp (g kW ⁻¹ h ⁻¹) | 579,86 | 583,95 | ** | 6,91 |
| Co (L ha ⁻¹) | 9,05 | 9,20 | 9,52 | 8,67 |
| Cet (kW h ha ⁻¹) | 12,87 | 12,84 | 13,09 | 4,69 |
| Fm (kN) | 6,11 | 6,10 | ** | 4,69 |
| Pbt (kW) | 12,25 | 12,24 | ** | 4,82 |
| Rbt (%) | 20,91 | 20,89 | ** | 4,82 |
| Ct (ha h ⁻¹) | 1,32 | 1,32 | 1,32 | * |
| Ce (ha h ⁻¹) | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 3,79 |
| Efc (%) | 72,17 | 72,00 | 71,60 | 3,79 |

| | | | | |
|--------------------------|-------|-------|------|------|
| Pat (%) | 12,15 | 12,10 | ** | 4,23 |
| Vm (km h ⁻¹) | 7,22 | 7,20 | 7,16 | 3,79 |

*Ce é constante em toda a área.

**Amodal.

No Quadro 4, estão apresentadas as medidas de tendência central bem próximas, indicando uma concentração dos dados em torno da média, o que pode ser comprovado pelos baixos coeficientes de variação. Como os resultados mostram baixa variabilidade, houve grande uniformidade operacional ao longo do trabalho, o que pode ser comprovado pela análise da distribuição de freqüência.

A eficiência de campo do trabalho de aração foi em média de 72,17%, esse valor está próximo do limite inferior citado por SILVEIRA (2001), o qual é de 75 a 90%. A eficiência de campo diz respeito à porcentagem de tempo total realmente utilizada em trabalho efetivo. É influenciada por vários fatores, como formato, tamanho e disposição da área. Em locais planos, e trabalhando-se no sentido do maior comprimento, a eficiência é mais elevada. Como a área do experimento se parece com um retângulo e se trabalhou no sentido do maior comprimento a eficiência ficou bem próxima do limite inferior citado por SILVEIRA (2001).

Na Figura 8, o gráfico mostra, claramente, um início de operação com freqüência do motor com valor de 2.088 rpm. Em seguida, ocorreu tendência de aumento e, posteriormente, estabilização abaixo da média, isto é, de 2.194,63 rpm, ao longo da linha de amostragem. Observa-se uma queda na freqüência para 2.061 rpm, a menor rotação observada. Novamente, ocorreu tendência de aumento atingindo a maior freqüência, isto é, de 2.317 rpm, e posteriormente, tende a estabilizar próximo à média, ao longo da linha de amostragem. Essas variações podem ser explicadas pelas condições do solo nestes pontos e pela densidade da vegetação dentro da área, exigindo mais ou menos do trator para tracionar.

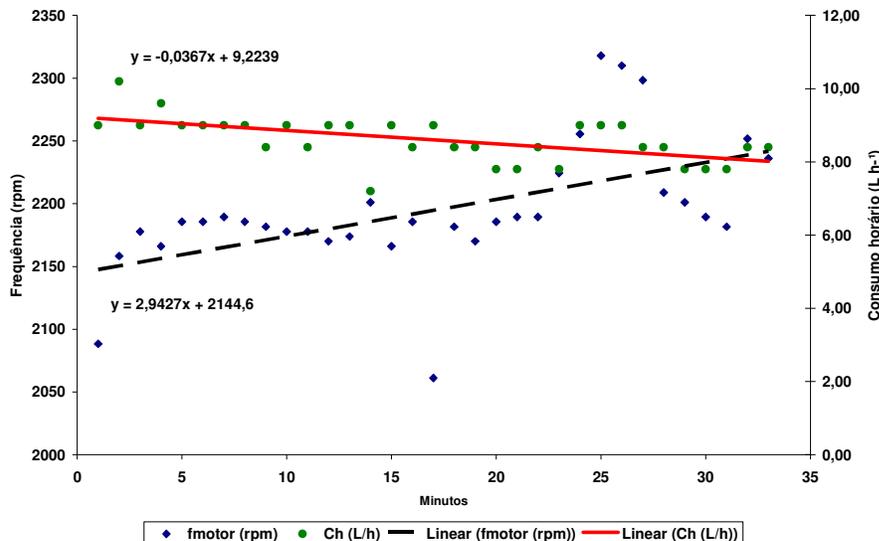


Figura 8 - Curvas do comportamento da freqüência do motor e do consumo horário.

Observa-se ainda, no início do trabalho, o maior consumo horário de combustível, com valor de $10,20 \text{ L h}^{-1}$. Em seguida, ocorreu tendência de redução e, posteriormente, estabilização acima da média, isto é, de $8,60 \text{ L h}^{-1}$ ao longo da linha de amostragem.

Pode-se observar na Figura 8, o comportamento da curva de freqüência do motor e da curva de consumo horário de combustível. O consumo horário de combustível não tem o mesmo comportamento que a freqüência do motor. A freqüência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo horário tendeu a diminuir. Quanto maior a freqüência do motor, menor é a exigência de demanda de potência, ou seja, o solo devia estar menos compactado e a área devia ter menos resíduos no final da avaliação, com isso se observou um menor consumo horário.

Na Figura 9, o gráfico apresenta que o consumo horário do trator durante o trabalho de aração foi em média 40,53% menor, que o valor encontrado na curva de desempenho do seu motor (fornecida pelo fabricante). Isto pode ter ocorrido devido à carga que grade aradora ofereceu ao trator.

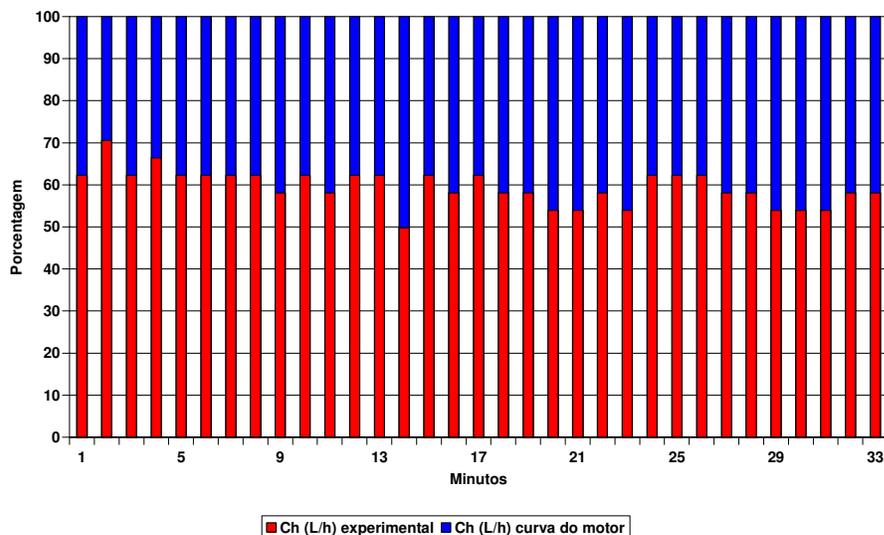


Figura 9 – Comparativo do consumo horário de combustível do motor ensaiado pela Norma SAE J1995 com o consumo horário de combustível durante o trabalho de aração com grade aradora.

Na Figura 10, o gráfico apresenta, claramente, que o consumo específico tem o comportamento muito parecido com o comportamento do consumo horário. Observa-se que o consumo específico tem um pico de $707,43 \text{ g kW}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Pode-se observar na Figura 10, o comportamento da curva de frequência do motor e da curva de consumo específico de combustível. O consumo específico de combustível não tem o mesmo comportamento que a frequência do motor. A frequência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo específico tendeu a diminuir.

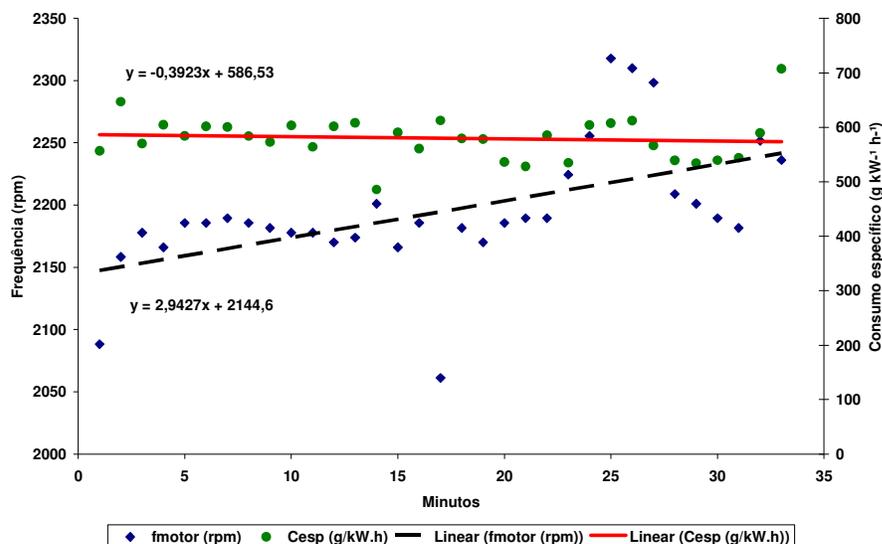


Figura 10 – Curvas do comportamento da frequência do motor e do consumo específico.

Na Figura 11, o gráfico apresenta que o consumo específico do trator durante o trabalho de aração foi em média 182,86% maior, que o valor encontrado na curva de desempenho do seu motor (fornecida pelo fabricante).

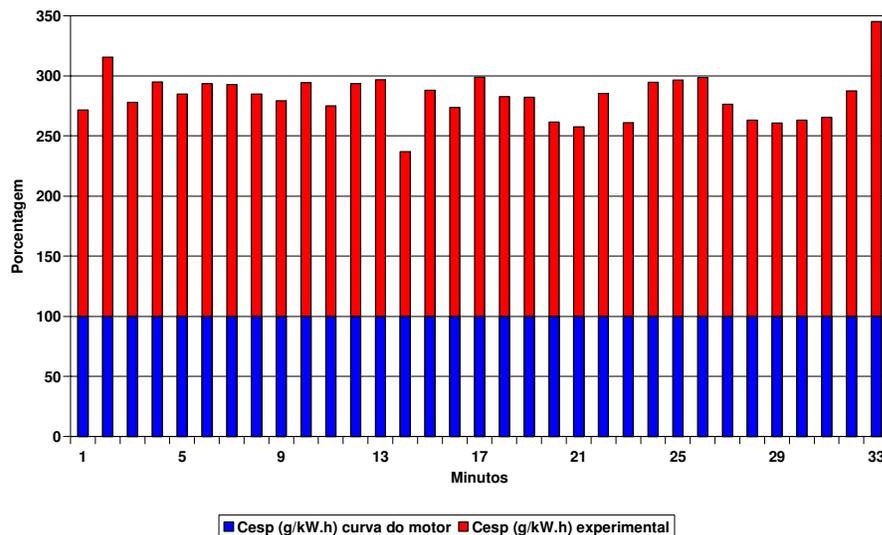


Figura 11 – Comparativo do consumo específico do motor ensaiado pela Norma SAE J1995 com o consumo específico do motor durante o trabalho de aração com grade aradora.

A Figura 12 apresenta a curva de comportamento do consumo operacional e observa-se, no início do trabalho o consumo operacional aumentando. Em seguida, ocorreu tendência de redução e, posteriormente, estabilização abaixo da média, isto é, de $9,05 \text{ L ha}^{-1}$, ao longo da linha de amostragem.

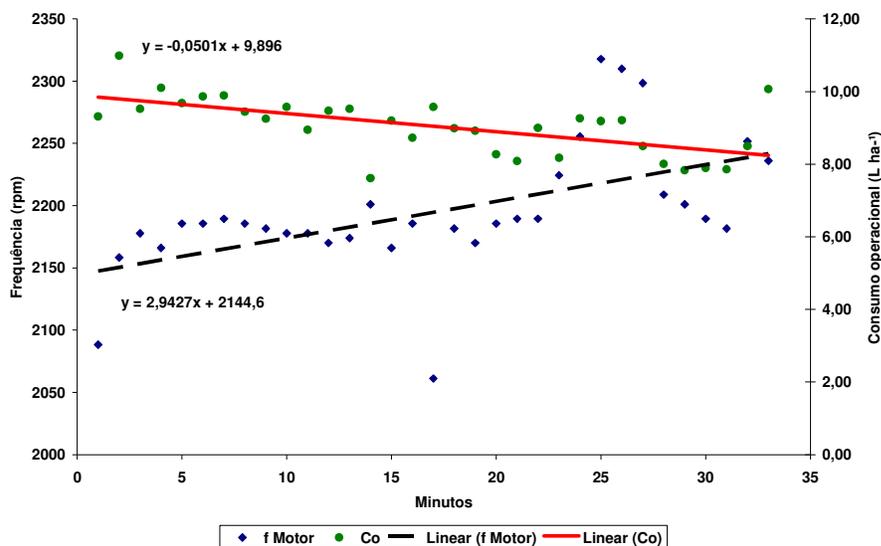


Figura 12 – Curvas do comportamento da frequência do motor e do consumo operacional.

Pode-se observar, na Figura 12, o comportamento da curva de frequência do motor e da curva de consumo operacional. O consumo operacional tem o comportamento inversamente proporcional à frequência do motor. A frequência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo operacional tendeu a diminuir.

A Figura 13 apresenta a curva de comportamento do consumo energético por área trabalhada e observa-se, no início do trabalho o consumo energético por área trabalhada aumentando. Em seguida, ocorreu redução. Em média o consumo energético por área trabalhada foi de $12,87 \text{ kW h ha}^{-1}$.

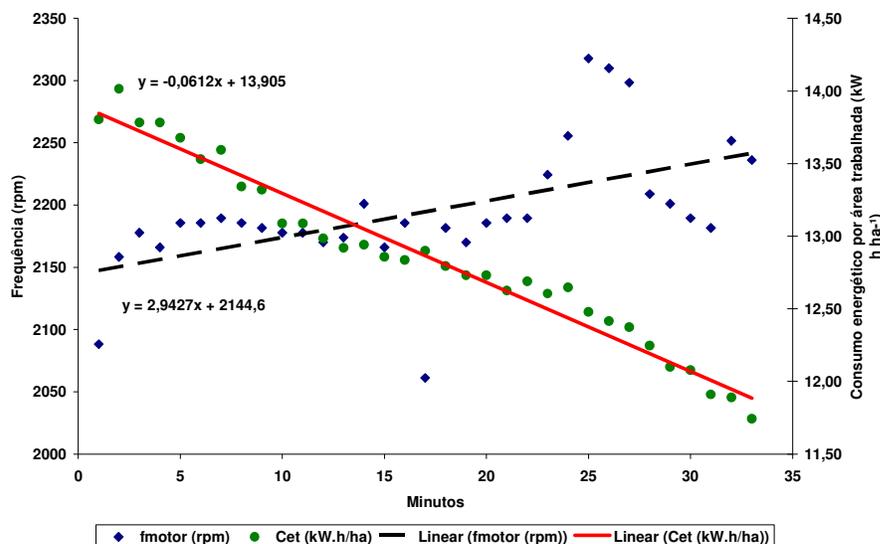


Figura 13 – Curvas do comportamento da frequência do motor e do consumo energético por área trabalhada.

Observa-se na Figura 13, que o consumo energético por área trabalhada não tem o mesmo comportamento que a frequência do motor. A frequência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo energético por área trabalhada diminuiu.

Na Figura 14, o gráfico mostra, claramente, que a força de tração tem o comportamento igual ao comportamento do consumo energético por área trabalhada. Observa-se que a força de tração tem um pico de 6,66 kN, que ocorre no início do trabalho, isto pode ser explicado, provavelmente, pela condição do solo nesta área.

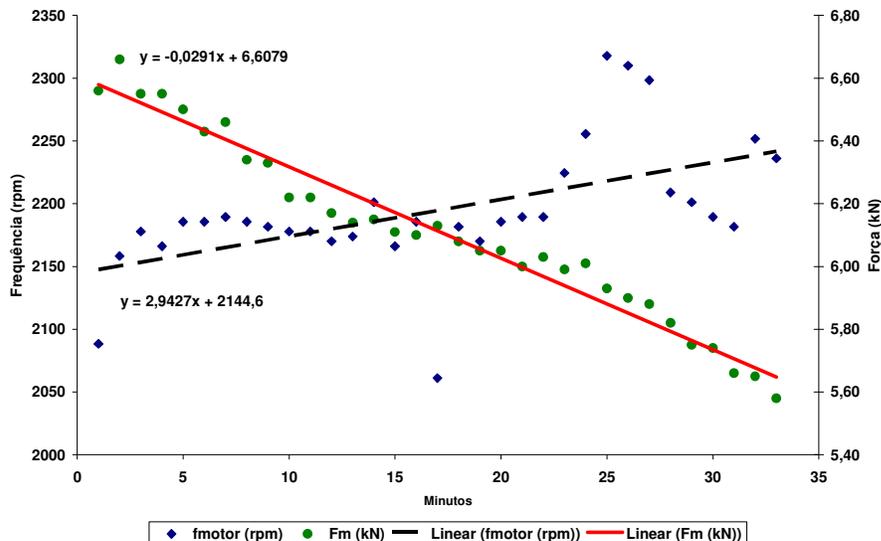


Figura 14 – Curvas do comportamento da frequência do motor e da força de tração na barra.

Observa-se na Figura 14, que a força de tração tem o comportamento inversamente proporcional à frequência do motor. A frequência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, a força de tração diminuiu.

Na Figura 15 observa-se, o comportamento da curva de frequência do motor e da curva da potência disponível na barra de tração.

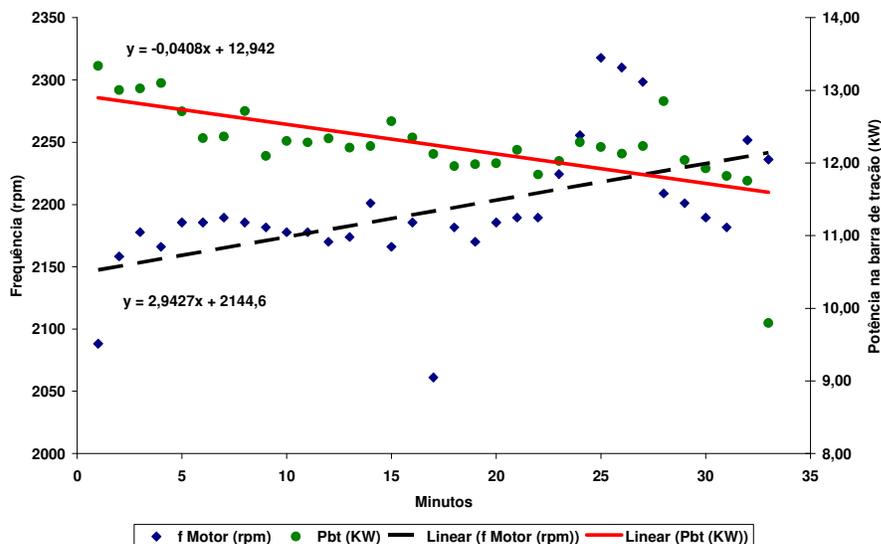


Figura 15 – Curvas do comportamento da frequência do motor e da potência requerida na barra de tração.

Na Figura 15, o gráfico apresenta, claramente, que a potência requerida na barra de tração tem o comportamento inversamente proporcional à frequência do motor. A frequência do motor durante a avaliação tendeu a aumentar, enquanto que, a potência requerida na barra de tração tendeu a diminuir. Observa-se que a potência requerida na barra de tração tem um pico de 13,34 kW, e este ocorre no início do trabalho.

Na Figura 16, o gráfico ilustra que o trabalho de aração utilizou em média 37,41% da potência total disponível. Isto demonstra que o motor do trator trabalhou com folga.

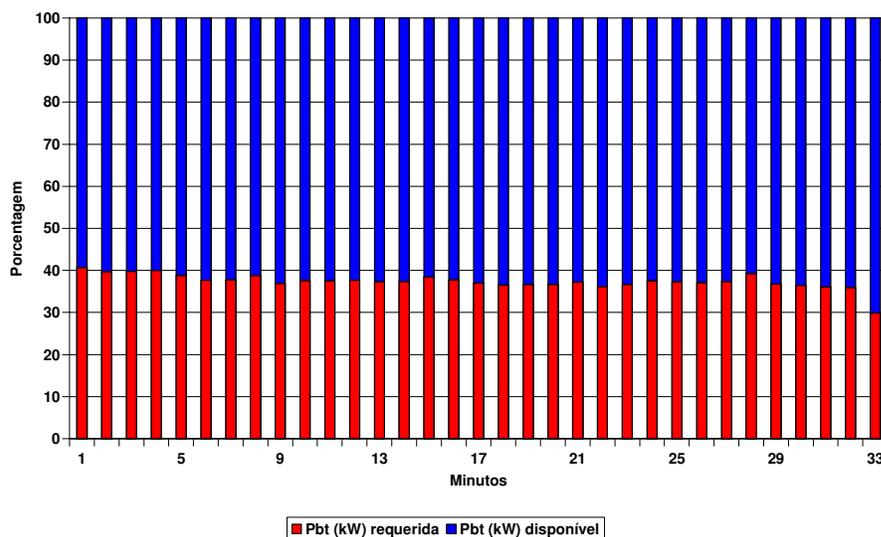


Figura 16 – Comparativo entre a potência líquida disponível na barra de tração e a potência requerida pela grade aradora.

O valor médio da patinação dos rodados do trator foi de 12,15%. Esse valor de patinação está dentro da faixa ótima de patinação estabelecida por MIALHE (1996) e pela ASAE (1989).

O Quadro 5 apresenta os intervalos de confiança, com 95% de probabilidade, com 5% de significância e com nível de precisão de 5%, em torno da média.

Quadro 5 – Intervalos de confiança para as variáveis frequência da TDP (f_{TDP}) e do motor (f_{MOTOR}), consumo horário (Ch), consumo específico (Cesp), consumo operacional (Co), consumo energético por área trabalhada (Cet), força na barra de tração (Fm), potência na barra de tração (Pbt), rendimento na barra de tração (Rbt), capacidade de campo efetiva (Ce), eficiência de campo (Efc), patinagem dos rodados do trator (Pat) e velocidade média de deslocamento (vm).

| Intervalo de Confiança P(0.05) | LI | Média | LS |
|--|----------|-----------------|----------|
| f_{TDP} (rpm) | 559,64 | $\leq \mu \leq$ | 569,02 |
| f_{MOTOR} (rpm) | 2.176,39 | $\leq \mu \leq$ | 2.211,49 |
| Ch (L h ⁻¹) | 8,38 | $\leq \mu \leq$ | 8,82 |
| Cesp (g kW ⁻¹ h ⁻¹) | 565,69 | $\leq \mu \leq$ | 594,03 |
| Co (L em ⁻¹) | 8,77 | $\leq \mu \leq$ | 9,33 |
| Cet (kW ha ⁻¹) | 12,66 | $\leq \mu \leq$ | 13,08 |
| Fm (kN) | 6,01 | $\leq \mu \leq$ | 6,21 |
| Pbt (kW) | 12,04 | $\leq \mu \leq$ | 12,46 |
| Rbt (%) | 20,55 | $\leq \mu \leq$ | 21,27 |
| Ce (ha h ⁻¹) | 0,94 | $\leq \mu \geq$ | 0,96 |
| Efc (%) | 71,20 | $\leq \mu \leq$ | 73,14 |
| Pat (%) | 11,74 | $\leq \mu \leq$ | 12,56 |
| vm (km h ⁻¹) | 7,12 | $\leq \mu \leq$ | 7,32 |

LI = limite inferior do intervalo de confiança; e LS = limite superior do intervalo.

Pode-se dizer que há uma probabilidade fiducial de 95% de que a frequência da TDP, frequência do motor, consumo horário, consumo específico, consumo operacional, consumo energético por área trabalhada, força de tração, potência disponível na barra de tração, rendimento na barra de tração, capacidade de campo efetiva, eficiência de campo, patinagem dos rodados do trator e a velocidade estejam entre os limites citados no Quadro 5.

CONCLUSÕES

A frequência do motor tendeu a aumentar, enquanto que, o consumo horário, específico, operacional e energético por área trabalhada, força na barra de tração e potência na barra de tração tenderam a diminuir durante o trabalho.

O consumo horário de combustível durante a avaliação foi menor do que o informado na curva de desempenho do motor.

O consumo específico de combustível durante a avaliação foi maior do que o informado na curva de desempenho do motor.

O motor do trator trabalhou com folga, sem exigir muito do trator.

A aquisição automática de dados permitiu a obtenção de dados em uma frequência de registros, com amostragem que pode ser considerada excelente para a análise operacional do conjunto trator e grade aradora baseada em estatística descritiva.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), por financiar o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUÑA, R. R. D., MANTOVANI, E. C., MARTYN, P. J., BERTAUX, S.
Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratória de um trator agrícola obtidos pela equação de Wismer & Luth e por ensaios de campo.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília: n. 4, v. 30, , 1995, p. 523 – 530.

ASAE D 497.4. Agricultural Machinery Management Data. In: **ASAE Standards: standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999a, 359-366p.

ASAE EP 496.2 DEC98. Agricultural Machinery Management. In: **ASAE Standards: standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999b, 353-358p.

ASAE S209. 5. Agricultural tractor test code. In: *ASAE 1989: standards engineering practices data*. San Joseph, 1989. P. 44-48.

ASAE S296.4 DEC95 Uniform terminology for traction of agricultural tractors, self-propelled implements, and other traction and transport devices. In: **ASAE Standards: standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999c, 119-121p.

BRIXIUS W. W. **Traction prediction equation for bias ply tires**. St. Joseph, Michigan: ASAE. (ASAE Paper, 1987, 83-1067).

CORDEIRO M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. Botucatu, UNESP-FCA, 2000. 153p. Tese (Doutorado em Agronomia - AC Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CORRÊA, I. M. , LANÇAS, K. P. , MAZIERO, J. V. G., YANAI, K. Desempenho operacional de trator 4x2 (aux.) com pneus radiais de baixa pressão e diagonais com a tração dianteira desligada. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, X, 2000, Guanajuato, México. **Anales...** Guanajuato: ALIA, CD-ROM.

CORRÊA, I. M. ; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; LANÇAS, K. P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos:

manual e eletrônico. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n. 1, 1999, p. 179-184.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 212p.

GABRIEL FILHO, A., SILVA, S. L., MODOLO, A. J., SILVEIRA, J.C. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. V. 24, n. 3, 2004, p.781-789.

GU, Y., KUSHWARA, R. L. Dynamic load distribution and tractive performance of a model tractor. **Journal of Terramechanics**, v. 31, nº 1, 1994, p. 21-39.

HERZOG, R. L. S., LEVIEN, R., BEUTLER, J. F., TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. **Anais...**Salvador: UFB, CD-ROM.

JENANE, C., BASHFORD, L. L. Tractive performance of a mechanical front-wheel assist tractor as related to forward speeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe Research Institute. V.77, 2000, p.221-226.

JENANE, C., BASHFORD, L. L., MONROE, G. Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**. Ed. 64, 1996, p. 131-138.

JESUINO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Botucatu, p.64. 2007. (Dissertação de Mestrado).

KOPPEN, W. **Climatologia com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948, 478p.

LANÇAS, K. P., UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. **Energia na Agricultura**, FCA/UNESP, Botucatu, 1997, 33p. Boletim Técnico nº 1.

MIALHE, L. G. **Maquinas Agrícola – Ensaio & Certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP – Botucatu, p.69. 2008 (Dissertação de Mestrado).

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 4.ed. Piracicaba, p.281, 2005.

SILVA, S. L., BENEZ, S. H. Construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas em ensaios de campo. **Energia na agricultura**. Botucatu, v.12, n.3, 1997, p.10-18.

SILVA, S. L., RICIERI, R. P., PEREIRA, J. O., BENEZ, S.H. Sistemas de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação da força de tração média obtida com micrologger 21x e milivoltímetro na operação de escarificação. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6, Chillán. **Anales...**Chillán, 2001.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator**. Viçosa: Aprenda Fácil, v.1, p.312, 2001a.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Tractor hitching, traction and testing. In: **Engineering principles of agricultural machines**. 3 ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1996, p.117-145.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; AMIM, R. T.; TOURINO, C. C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.4, p.441-448, 2008.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; GRAVINA, G. A. Caracterização estatística de variáveis usadas para ensaiar uma semeadora-adubadora em semeadura direta e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.559-567, 2009.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S.; FERNANDES, P. G.; AZEVEDO, E. B.; KLAVER, P. P. Desempenho de conjunto trator e semeadora-adubadora na semeadura direta de *Crotalaria juncea*. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.3, n.2, p.78-86, 2010.

WISMER, R.D. & LUTH, H.J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.1, 1974, p. 8-14.

ZOZ, F. **Belt and Tire Tractive Performance**. Milwaukee: Society of Automotive Engineers, 1997, 8p.

ZOZ, F.; GRISSO, R. D. **Traction and tractor performance**. St Joseph: Asae. 2003, 46p.

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional de um conjunto trator-semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho, em função de três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0 e 8,0 km h⁻¹) e dois tipos de sistemas de semeadura (direta e convencional). O experimento foi conduzido em área pertencente à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, município de Campos dos Goytacazes. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2, com três repetições para cada tratamento. Obtiveram-se dados referentes à força de tração do trator; potência na barra de tração do trator; ao rendimento na barra de tração; capacidade de campo teórica e efetiva; eficiência de campo; consumo horário de combustível; consumo específico de combustível; consumo operacional de combustível; consumo energético de combustível por área; patinagem dos rodados do trator e distribuição longitudinal de sementes. Observou-se influência da velocidade de deslocamento nas variáveis: potência na barra de tração, rendimento na barra de tração, consumo horário de combustível, consumo específico de combustível, consumo operacional de combustível, capacidade de campo efetiva, eficiência de campo, patinagem dos rodados do trator e distribuição longitudinal de sementes.

Palavras-chave: semeadoras-adubadoras, avaliação de desempenho, máquinas agrícolas.

OPERATIONAL AND ENERGY PERFORMANCE OF A TRACTOR DURING DIRECT AND CONVENTIONAL SEEDING OPERATIONS

ABSTRACT

This study aimed to analyze the operating performance of a tractor and precision planter in the sowing of mayse according to three speeds (3.0, 5.0 and 8.0 km h⁻¹) and two different seeding systems used for the sowing of mayse (direct and conventional system). The experiment was conducted in experimental field belonging to the State University of North Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, in Campos dos Goytacazes, RJ. The experiment was done in randomized blocks in factorial scheme 3x2, with three repetitions for each treatment. It was obtained tractor traction force; tractor drawbar power; tractor drawbar performance; theoretical and effective field capacity; efficient field; hourly fuel consumption, specific fuel consumption; operational fuel consumption; energy consumption of fuel by area; tractor wheels slippage; and longitudinal distribution of seeds. It was noted the effect of forward speed on the variables: tractor drawbar power; tractor drawbar performance; effective field capacity; efficient field; hourly fuel consumption, specific fuel consumption; operational fuel consumption; tractor wheels slippage; and longitudinal distribution of seeds.

Keywords: fertilizer-seeder, performance evaluation, agricultural machinery.

INTRODUÇÃO

A intensificação do uso de máquinas agrícolas, no Brasil, começou a partir da década de 60, fruto do processo de modernização da agricultura, sendo o trator agrícola considerado o eixo da mecanização na agricultura moderna. Em relação ao trabalho manual, o uso do trator agrícola reduziu de forma significativa a carga física a qual o trabalhador encontrava-se submetido, tornando-se

responsável por uma parcela significativa do aumento da capacidade de produção agrícola e, por outro lado, também pelo aumento do consumo de energia nas atividades de campo (JESUINO, 2007).

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia química contida nos combustíveis e fornecê-la na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas. Embora o trator também possa ser utilizado para prover energia através da tomada de potência ou por meio do sistema hidráulico (MONTEIRO, 2008).

A utilização do trator, dentro da propriedade agrícola é muito diversificada, e a busca otimizada de seu desempenho se justifica, principalmente quando se leva em conta que o tráfego de máquinas pesadas é um fator negativo para a maioria das operações agrícolas, podendo provocar compactação do solo como também aumento no consumo de energia.

Dentro de uma economia global, na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente quando estão relacionadas à otimização da relação custo/benefício. Entretanto, pesquisas que informem em nível nacional, novas técnicas que possam ser incorporadas nas atividades operacionais de campo como melhorias estratégicas, são limitadas, embora sejam de fundamental importância para a redução de alguns fatores dos custos da produção agrícola (MONTEIRO, 2008).

A utilização eficiente dos meios de produção torna-se cada vez mais importante, na medida em que a receita líquida dos produtores agrícolas diminui, por um lado pressionada pelos altos custos da produção, e por outro, pela redução da remuneração obtida na venda dos produtos.

No sistema atual de produção agrícola, as semeadoras-adubadoras assumiram importância fundamental, destacando-se as de semeadura direta, cuja operação é caracterizada pela mínima mobilização do solo antes e após a operação de semeadura.

O sistema convencional de preparo de solo, com sua excessiva movimentação da camada superficial, tem sido uma das principais causas de decréscimo de produtividade, podendo ressaltar efeitos como a compactação de

camadas subsuperficiais, erosão e redução do nível de matéria orgânica (VALE et al., 2008).

O sistema de semeadura direta compreende um conjunto de técnicas integradas que visa melhorar as condições ambientais para explorar melhor o potencial genético de produção das culturas, respeitando os três requisitos mínimos de não-revolvimento do solo, rotação de culturas e uso de cobertura morta (PRIMAVESI, 1984, citado por RODRIGUES, 2004).

Dentre vários fatores característicos do sistema de semeadura direta, destacam-se a menor movimentação superficial deixando o solo menos exposto às intempéries, menor compactação, maior teor de umidade, menor variação da temperatura, redução de eventuais perdas de solo pela erosão e aumento de matéria orgânica.

Segundo FANCELLI & FAVARIN (1987), o sistema de semeadura direta seria suficiente para justificar a sua implantação por ser uma das mais eficientes práticas de controle de erosão, devido à reduzida desestruturação do solo e pela proteção da palhada. PHILLIPS (1993) cita que a semeadura direta é importante para a conservação do solo e da água, permite menor uso de potência e mão-de-obra, reduz a temperatura do solo e o uso de combustível por unidade de área, melhora as condições físicas do solo e permite maior número de safras ao longo dos anos e o incremento do uso da terra, incorporando-se áreas com mais declives ao processo produtivo.

Na exploração racional da cultura do milho, é de fundamental importância que sejam condições edafoclimáticas adequadas, sementes de boa qualidade genética, controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Para que a cultura possa atingir o potencial máximo de produtividade, é preciso que as semeadoras-adubadoras estejam adequadamente dimensionadas e reguladas de modo que: as sementes sejam satisfatoriamente distribuídas em termos de profundidade, posicionamento na linha de semeadura e em quantidade necessária para obter-se uma população de plantas ideal por unidade de área; as sementes mantenham sua qualidade depois de passarem pelo mecanismo dosador; o fertilizante seja distribuído em quantidade, posição e profundidade adequada; seus mecanismos distribuidores não sejam afetados pelas possíveis variações da velocidade de deslocamento, do microrrelevo e da declividade do terreno (MAHL, 2002).

Sendo a operação da semeadura, a fase inicial do processo de estabelecimento da cultura do milho, é imprescindível que estudos sobre o desempenho de semeadoras-adubadoras sejam conduzidos, visto que uma das causas da baixa produtividade, reside na dificuldade de se estabelecer as condições ideais nesta fase e eventuais problemas somente serão detectados após a germinação das plântulas e seu desenvolvimento, quando a correção torna-se difícil e onerosa.

Vários trabalhos têm comprovado a heterogeneidade dos solos brasileiros, detectada pela variabilidade de parâmetros físicos, químicos, mecânicos e mineralógicos, e têm verificado sua influência na eficiência operacional de sistemas mecanizados agrícolas. Assim, sugere-se que estudos locais, em condições de solo e utilizando máquinas comercializadas na região, sejam realizados de forma que possam auxiliar fabricantes e agricultores a aperfeiçoarem suas máquinas e otimizarem a produtividade das culturas.

O presente trabalho propôs-se a analisar o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão na implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.), submetida a três velocidades de deslocamento, na operação de semeadura direta e semeadura convencional, em duas condições distintas de preparo do solo.

Os objetivos específicos consistiram em avaliar parâmetros de regularidade da distribuição de sementes na linha e avaliar o desempenho do trator agrícola durante operação de semeadura, utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados, determinando-se o consumo de combustível horário, operacional e específico, consumo energético por área trabalhada, força de tração, potência da barra de tração, capacidade de campo teórica e efetiva, eficiência de campo, e patinação dos rodados do trator.

REVISÃO DE LITERATURA

Milho

O milho (*Zea mays*), uma das poucas culturas econômicas nativas da América, foi encontrado em cultivo pela primeira vez em 05 de novembro de 1492, quando membros da expedição de Colombo, no interior de Cuba, retornaram com um tipo de grão amplamente utilizado pelas populações nativas (FORNASIERE FILHO, 1992). No Brasil, entre os milhos indígenas, a maioria era constituída por milhos de grãos farináceos, muito moles, que se prestavam à moagem e à produção de farinha. No entanto, havia ainda o milho pipoca e os de grãos duros (FORNASIERE FILHO, 2007).

O milho é hoje a segunda maior cultura cultivada no mundo, perdendo apenas para o trigo. No Brasil, é o segundo grão de maior volume de produção, perdendo o posto de primeiro lugar para a soja. Maior que as qualidades nutricionais do milho, só mesmo a versatilidade para o aproveitamento na alimentação humana (FORNASIERE FILHO, 2007).

De acordo com RITCHIE et al. (2003), sob condições adequadas no campo, a semente absorve água e começa a crescer. A radícula é a primeira a apresentar alongação, seguida pelo coleótilo com a plúmula fechada e as três a quatro raízes seminais laterais. O estágio de emergência é finalmente atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleótilo em crescimento para a superfície do solo, sendo que com boas condições de calor e umidade, a emergência da plântula ocorrerá dentro de quatro a cinco dias após a semeadura, mas sob condições de temperatura baixas ou de secas, podem ser necessárias duas semanas ou mais.

Por ser uma planta de origem tropical, o milho, exige durante o ciclo vegetativo, calor e umidade para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores. Os processos da fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação, são funções diretas da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor; ao passo que o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo, e os efeitos são pronunciados em condições de

altas temperaturas onde a taxa de evapotranspiração é elevada (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000).

Sistema de semeadura convencional

O preparo do solo, segundo CASTRO (1989), é a manipulação física, química e biológica do solo, buscando melhorar as condições para a germinação das sementes, emergência das plântulas e o estabelecimento e desenvolvimento das plantas. O homem tem adotado o uso de implementos de preparo do solo para alterar suas condições físicas, visando atender a objetivos específicos das culturas desde os primórdios da agricultura, 6000 a.C. (COELHO, 1998).

Segundo MONDARDO (1984), o preparo do solo utilizado no Brasil pode ser dividido em super preparo, quando os restos vegetais são queimados; preparo convencional, com a incorporação dos restos culturais; preparo reduzido, com os restos culturais semi-incorporados, e semeadura direta, quando os restos vegetais estão na superfície do solo.

COELHO (1998) divide os sistemas de manejo do solo segundo a incorporação dos restos culturais e a mobilização da camada subsuperficial. Segundo o autor, a incorporação total da palhada e a mobilização total da camada subsuperficial caracterizam o sistema convencional; a incorporação parcial da palhada em até 30% e a mobilização total da camada subsuperficial caracterizam sistema de preparo reduzido, e a semeadura direta caracteriza-se pela não incorporação da palhada e a mobilização da camada subsuperficial restrita ao sulco de semeadura.

O sistema de semeadura convencional é aquele no qual há o prévio preparo do solo, o chamado preparo periódico, para a colocação de insumos, como sementes e fertilizantes, para a instalação da cultura, podendo as operações para o preparo periódico variar em número e tipo, conforme a região, ou mesmo, de propriedade para propriedade (VALE, 2007; VALE et al., 2008).

GALETI (1983) cita que os esquemas de preparo do solo de cada local dependem das condições e do tipo do mesmo, das exigências das culturas e das máquinas e/ou implementos utilizados, não havendo a possibilidade de se recomendar uma forma geral de preparo de solo que possa ser usada em todas

as situações. Cita também que o aumento do número de operações onera os custos de produção e torna o solo mais exposto à erosão.

As operações de preparo do solo no sistema convencional de semeadura, como a gradagem e a aração, podem causar compactação em camadas subsuperficiais e processos erosivos causados pelo escoamento superficial da água e ação eólica pela desagregação do solo, por causa da excessiva movimentação da camada superficial, entre outros problemas que dificultam a sustentabilidade das culturas (SATURNINO & LANDERS, 1997).

Sistema de semeadura direta

A tecnologia do sistema de semeadura direta, testada no âmbito da pesquisa no final dos anos 60, teve adoção por agricultores individuais e em seguida por determinados grupos - chamados Clubes da Minhoca, de sistema de semeadura direta e os Amigos da Terra. Isto possibilitou vivenciar-se grande mudança, polêmica, controversa, mas vencedora, transformando a agricultura brasileira, e tornando-a ambientalmente correta (SADE, 2000).

O termo sistema de semeadura direta originou-se da idéia de semear diretamente sobre o solo não preparado sempre protegido por resíduos (CARDOSO, 1998). Este mesmo autor cita que, o sistema de semeadura direta originou-se da idéia de controlar a erosão. Este efeito resulta do controle do escoamento da água de chuva por meio de resíduos, que reduzem a velocidade da água em movimento, dando mais tempo para a infiltração. Tudo isto devido ao uso da cobertura morta, que é obtida com rotação de culturas de cobertura, culturas intercalares ou os resíduos das culturas principais (SATURNINO, 2001).

A expressão sistema plantio direto surgiu no âmbito da Federação de Associações de Plantio Direto na Palha no Paraná, e com o uso popular, consagrou a nomenclatura, pois a operação executada é a de semeadura direta, mas o que envolve todo o sistema são os diversos equipamentos que o apóiam, como o triturador de palhas, rolo-faca, roçadora e pulverizador (DALLMEYER, 2001). O mesmo autor classifica os sistemas de manejo do solo em intensivo – uso de arados e grades, reduzido – uso do escarificador e sistema de semeadura direta, e dentre estes, os dois últimos são considerados manejos

conservacionistas. Contrastando com o sistema de sistema de semeadura direta, o “preparo convencional” é definido, e aceito pela comunidade científica, como aquele em que ocorre a mobilização do solo por preparo primário (aração) e por preparo secundário (gradagens) (BALASTREIRE, 2005).

Sistemas que mantenham quantidade adequada de cobertura vegetal sobre o solo, principalmente durante os períodos mais críticos, são os mais desejados devido à preocupação cada vez maior, com a conservação do solo, que em longo prazo, poderá apresentar maior lucratividade (FURLANI, 2000). As técnicas de conservação do solo e da água são essenciais para manter as características químicas, físicas e biológicas dos solos. Por isso o estudo destas técnicas de conservação como de preparo que minimizem os problemas ambientais, como perda de solo, tem obtido grande aceitação pelos produtores, tendo sido empregado o sistema de semeadura direta como uma destas técnicas (CAMILO et al., 2004).

As técnicas do sistema de semeadura direta são complementos das atuais técnicas de conservação do solo, que envolvem menor mobilização e remoção da terra e maior quantidade de restos vegetais na superfície do solo, apresentando como vantagem a redução dos custos operacionais de mecanização, além dos aspectos conservacionistas de redução das características físicas, químicas e biológicas do solo (NAGAOKA & NOMURA, 2003).

Para alcançar melhores resultados no sistema de semeadura direta o uso de plantas de cobertura é fundamental. Pois, deve-se considerar os aspectos culturais do agricultor e conhecer com profundidade os inúmeros detalhes referentes às espécies de adubo verde, o local, as condições edafoclimáticas específicas e os sistemas de produção em curso, e que serão implantados. Conhecer também o cultivo de cobertura, bem como as vantagens – aumento de carbono orgânico no solo, suprimento de nitrogênio, descompactação, diminuição de pragas e doenças, supressão de invasoras, agregação do solo, entre outras (CALEGARI, 2000).

O Estado do Rio de Janeiro pode utilizar a experiência dos estados do sul do País e as experiências dos estados da região dos cerrados, como exemplo, pode-se citar a utilização da ervilhaca e da aveia que viabilizaram o sistema de

semeadura direta no sul do País, e ao mesmo tempo usar milheto, girassol, sorgo e guandu, alternativas utilizadas por agricultores no cerrado (FREITAS, 2004).

Semeadura

As operações de semeadura e adubação são fundamentais para o estabelecimento de culturas anuais produtoras de grãos. Em sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, as condições do solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes e fertilizantes, que as verificadas nos preparos com intensa mobilização, sendo necessário maior cuidado nesta operação (CORTEZ, 2007). Portanto, as semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema de semeadura direta devem ser robustas e resistentes, possuir eficiente capacidade operacional e demandar o menor consumo de energia (LEVIEN et al., 2001).

A semeadora-adubadora que não apresentar precisão nos mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes pode comprometer a uniformidade na distribuição, que deve ser mantida independentemente de variações nas engrenagens, velocidade de deslocamento da máquina e quantidade de produto no reservatório (ANDERSSON, 2001).

O desempenho de máquinas agrícolas é importante para a correta execução das operações, dentre elas, a semeadura em sistema de semeadura direta. O uso de culturas de cobertura (milheto e sorgo) não afeta o desempenho do conjunto trator e semeadora-adubadora (CORTEZ et al., 2005).

As máquinas agrícolas para semeadura, disponíveis no mercado, possuem mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes acionados pelo rodado, cuja eficiência tem relação direta com as condições do solo, a carga vertical, as características do pneu e propriedades físicas do solo. Estes fatores determinam o índice de patinação dos rodados, que em áreas de sistema de semeadura direta apresentam menores índices, devido à menor resistência do solo ao rolamento, permitindo efetuar a operação de semeadura com maior teor de água no solo, em relação ao solo de preparo convencional (VIEIRA & REIS, 2001).

A uniformidade de distribuição de sementes, obtida pela regulagem correta da semeadora-adubadora e adequação do trator, tem sido colocada na bibliografia como uma das formas de aumento da produtividade de certas culturas, dentre as quais o milho se destaca como a mais representativa (MELLO et al., 2003).

Manejo dos restos culturais

Os sistemas conservacionistas preconizam manter a superfície do solo coberta o maior tempo possível, e que essa cobertura esteja distribuída o mais uniforme possível. O manejo da vegetação tem por finalidade cortar ou reduzir o comprimento da mesma e fornecer condições adequadas para utilização de máquinas de preparo do solo e principalmente de semeadora-adubadoras (FURLANI et al., 2003). Os mesmos autores citam que o manejo da vegetação pode ser efetuado por dois métodos: o químico, utilizando-se pulverizadores para aplicação de herbicidas, e o mecânico que pode ser realizado durante a colheita da cultura principal, com o uso de picadores de palhas acoplados às colhedoras combinadas, entretanto, esse manejo é realizado por equipamentos desenhados para essa finalidade como o triturador de palhas tratorizado, roçadora, rolo faca e grade de discos, ficando este último descartado no sistema de semeadura direta.

De acordo com CASÃO JÚNIOR (2000), em condições superiores a 5 Mg ha⁻¹ de palha, é necessário triturá-la com máquinas de manejo para vegetações, acelerando a decomposição, o que é indesejável, pois o clima é predominantemente quente.

O manejo das culturas de inverno e resíduos vegetais pode ser efetuado com triturador de palhas, rolo faca, roçadora e químico, sendo responsáveis por propiciar diferentes características a superfície do solo e velocidades de decomposição da palhada (BRANQUINHO et al., 2004; PRADO et al., 2002). Assim, os resíduos vegetais na superfície do solo, protegem do aquecimento e da perda de água, e devido à alta refletividade da radiação solar e baixa condutividade térmica, induz a menor amplitude térmica diária (JOHNSON & LOWERY, 1985).

Demanda energética e operacional

Segundo MIALHE (1996), a força necessária para deslocar a máquina e seus órgãos ativos mobilizando solo, no campo, tem sido designada esforço tratório (draft). Este é decomposto por duas forças sendo o componente vertical ou de sulcação, que tende a fazer o órgão ativo penetrar no solo e o componente horizontal coincidente com a direção de deslocamento da máquina, denominação força de tração.

Dentre os parâmetros que compõem o desempenho dos tratores agrícolas, destaca-se a disponibilidade de potência na barra de tração, importante para o tracionamento de implementos agrícolas por arrasto. Segundo MIALHE (1996), o desempenho na barra de tração, tem sido comumente avaliado submetendo-se o espécime a ensaios em pista de concreto ou em pista de terra compactada, sendo o peso total e a distribuição de peso por eixo em tratores com tração dianteira auxiliar os fatores preponderantes na otimização do desempenho na barra de tração (CORREA et al., 1997).

O modelo proposto por MIALHE (1996) utiliza a mensuração da força de tração para avaliar as exigências de potência na avaliação do desempenho das máquinas. O modelo adota a força de tração média para expressar a força de tração exigida pelas máquinas de mobilização do solo. Esta média é obtida pela somatória dos valores instantâneos ao longo do percurso e posteriormente dividida pelo tempo.

De acordo com ARAÚJO et al. (2001a), a velocidade e o tipo de mecanismo sulcador são fatores importantes para a definição do requerimento de potência do trator para efetuar a operação de semeadura. ARAÚJO et al. (2001b) afirmaram que em determinados solos, há necessidade de se utilizar hastes sulcadoras ou facões para romper a camada superficial compactada, aumentando a exigência de esforço tratório.

RIGHES et al. (1990), avaliaram o desempenho mecânico de sulcadores em semeadura direta, determinando o trabalho específico necessário por metro de linha semeada, quando submetidos a três diferentes velocidades. Para medir a força na barra de tração, utilizaram uma célula de carga equipada com extensômetros elétricos, acoplada à barra de tração por um dispositivo que permitia comunicar à célula de carga somente os esforços na direção de

deslocamento do trator. Os autores verificaram que os mecanismos de discos duplos demandaram menor energia do que os mecanismos tipo cinzel ou rotativo.

Estudando o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho em preparo convencional de solo e em semeadura direta, MARQUES et al. (1999) não encontraram diferença no requerimento de força de tração na operação de semeadura em função dos diferentes manejos da vegetação espontânea (plantas daninhas). O valor médio obtido foi de 8,5 kN (quatro linhas de semeadura e mecanismo de deposição de adubo tipo disco duplo concêntrico).

MAHL et al. (2004), realizando semeadura com seis linhas com espaçamento de 0,45 m, com três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h⁻¹), constataram que a variação da velocidade interferiu no desempenho do conjunto, pois conforme houve acréscimo na velocidade, houve aumento na capacidade operacional e redução no consumo de combustível por área trabalhada de 86% e 26%, respectivamente.

MARQUES (2002) encontrou valores médios de 19,53; 22,97 e 20,30 kN de exigência de força de tração na operação de semeadura de soja (seis linhas), em preparo convencional, plantio direto e preparo reduzido, respectivamente.

LEVIEN et al. (1999) obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo e 5,9 L ha⁻¹ de consumo de combustível por área trabalhada, enquanto MARQUES et al. (1999) encontraram 1,45 ha h⁻¹ e 7,3 L ha⁻¹, respectivamente, utilizando o mesmo tipo de semeadora.

SIQUEIRA et al. (2001), trabalhando com semeadora-adubadora (plantio direto) de seis linhas e haste parabólica, obtiveram 13,14 kN de exigência de força de tração na barra. MARQUES (2002) encontrou valores de 8,47 kN de força de tração na barra para semeadora de quatro linhas, com mecanismo de deposição de adubo tipo disco duplo concêntrico.

A força de tração na barra requerida por linha de semeadura está na faixa de 1,1 a 2,0 kN (ASAE, 1996). SILVA (2000) constatou que, na semeadura direta de milho (quatro linhas), os maiores valores de força de tração (16,12 kN) ocorreram na maior velocidade. Na média do ensaio, o autor encontrou 1,65 kN (semeadura da soja) e 2,92 kN (semeadura de milho) de exigência de força de tração na barra por linha.

Avaliando-se o requerimento de força de tração de uma semeadora de fluxo contínuo com 14 linhas, na semeadura da aveia preta com duas profundidades de deposição de sementes e duas velocidades (5,24 km h⁻¹ e 7,09 km h⁻¹) em plantio direto, SILVEIRA et al. (2005) constataram que com o aumento da profundidade de deposição de sementes de 1,97 para 2,68 cm, o requerimento de força de tração também aumentou de 3,78 para 5,51 kN.

Ao se comparar o sistema plantio direto com o preparo convencional e reduzido, NAGAOKA & NOMURA (2003) verificaram que o consumo horário de combustível no plantio direto foi de 4,6 L h⁻¹, mostrando a vantagem desse método em relação aos demais.

MAHL (2002) encontrou, em média, 12% de aumento no consumo horário de combustível para cada km h⁻¹ de aumento na velocidade de deslocamento, na operação de semeadura. Resultado semelhante foi encontrado por FURLANI et al. (1999) que, estudando desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade, constataram um aumento do consumo horário de combustível de 6,8%, da velocidade de deslocamento 4,0 para a velocidade de deslocamento de 5,0 km h⁻¹, e 11,5% de 5,0 para 6,0 km h⁻¹. Também encontraram efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento do consumo horário de combustível MAHL et al. (2005), MAHL (2002) e OLIVEIRA (1997).

OLIVEIRA et al. (2000) observaram diferença significativa no consumo horário de combustível ao variar a velocidade de deslocamento. Também houve diferença significativa para o consumo operacional, onde o maior valor foi verificado na velocidade de 5 km h⁻¹. Esse valor na menor velocidade justifica-se pela redução da capacidade operacional do conjunto trator-semeadora em relação à maior velocidade. Comportamento semelhante também foi encontrado por MAHL & GAMERO (2003).

Uniformidade de distribuição longitudinal de sementes

KEPNER et al. (1982) afirmaram que a porcentagem de enchimento dos orifícios era influenciada pelos fatores: tamanho máximo das sementes em relação ao tamanho dos orifícios; amplitude do tamanho das sementes; forma das

sementes; forma dos orifícios e tempo de expulsão das sementes pelos orifícios. O tamanho dos orifícios dos discos deveria ser 10% maior que a máxima dimensão das sementes e a espessura dos discos, igual ao diâmetro ou espessura média das sementes.

MOHSEENIM (1974) afirmou que a distribuição longitudinal das sementes com disco perfurado horizontal, assim como sua qualidade, estaria relacionada com o ângulo de repouso das sementes no depósito, o teor de água, a presença de material estranho, a orientação das partículas e, principalmente, a rugosidade da superfície da semente.

MANTOVANI et al. (1999) afirmaram que o tratamento fitossanitário de sementes ocasionava alterações na distribuição de sementes por disco perfurado horizontal, devido ao fato de que os principais produtos do mercado conferiam certa aderência às sementes, dificultando o enchimento das células e, conseqüentemente, o desempenho desse sistema.

JASPER et al. (2006) afirmaram que o tratamento fitossanitário aumentava os espaçamentos falhos e múltiplos e reduzia os espaçamentos aceitáveis. Assim, o emprego de grafite reduz os espaçamentos falhos e múltiplos e eleva os espaçamentos aceitáveis.

BUTIERRES & CARO (1983) e KURACHI et al. (1989) constataram que a uniformidade de distribuição longitudinal das sementes foi uma das características que mais contribuiu para a obtenção de estande adequado de plantas e de uma boa produtividade das culturas.

DAMBRÓS (1998) concluiu que a uniformidade de distribuição de plantas foi reduzida com o aumento da velocidade na operação de semeadura e verificou que a semeadora-adubadora pneumática apresentou maior percentual de espaçamentos aceitáveis e menor coeficiente de variação na menor velocidade testada (5,0 km h⁻¹).

Trabalhando com velocidades de deslocamento de 4,5 e 8,0 km h⁻¹, ARAÚJO et al. (1999) verificaram que houve uniformidade na profundidade de semeadura de milho e soja em todas as linhas. Já para a uniformidade de distribuição longitudinal de plantas de milho, para as duas velocidades obteve-se desempenho semelhante, com espaçamentos normais entre plantas superiores a 60%. Também observaram que com o aumento da velocidade houve redução nos espaçamentos normais e aumento nos duplos.

REIS & ALONÇO (2001), comparando a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil, entre os anos de 1989 e 2000, concluíram que, com velocidades de semeadura acima de $7,5 \text{ km h}^{-1}$, a qualidade da distribuição de sementes com mecanismos pneumáticos e disco horizontal perfurado se assemelha.

Estudando a qualidade na semeadura de milho com dosador do tipo disco perfurado horizontal, MAHL et al. (2004) concluíram que, nas velocidades de semeadura de $4,4$ e $6,1 \text{ km h}^{-1}$, obteve-se eficiência semelhante na distribuição de sementes de milho e significativamente melhor que na velocidade de $8,1 \text{ km h}^{-1}$. A maior velocidade proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e pior índice de precisão. A variação da velocidade não interferiu na população inicial de plantas.

BRANQUINHO et al. (2004) constataram que a distribuição longitudinal de sementes não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Porém, nota-se que os espaçamentos aceitáveis possuem média de $44,8\%$, os falhos $23,1\%$ e os múltiplos $32,1\%$; isso se assemelha aos dados de KLEIN et al. (2002), demonstrando que menos da metade das sementes foram depositadas com espaçamentos adequados

GARCIA et al. (2006) constataram que houve aumento na percentagem de espaçamentos falhos e múltiplos e queda de espaçamentos aceitáveis ao se elevar a velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora.

MATTAR (2010) avaliou as condições de operação de uma semeadora-adubadora de semeadura direta para a cultura do milho. No presente trabalho, foram utilizadas duas velocidades ($4,1$ e $7,2 \text{ km h}^{-1}$). Observou que não houve variação significativa no espaçamento médio entre sementes em função da velocidade de deslocamento, para as duas velocidades testadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de trabalho

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ (Figura 1). As coordenadas geográficas do local são 21° 45' 15" de latitude sul e 41° 19' 28" de longitude oeste, com altitude de 12 m do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. O solo é caracterizado como Latossolo Amarelo eutrófico, característico da região.



Figura 1 – Localização da área experimental (Fonte: Google Earth).

A área é utilizada, anualmente, com experimentação. No último ano foi cultivado feijão em sistema de preparo convencional. Logo após a colheita do feijão foi semeada *Crotalaria juncea* L., e foi deixada em pousio.



Figura 2 - Fotos das áreas: roçada (a) e arada (b), para a semeadura direta e semeadura convencional.

A avaliação do desempenho nos sistemas de semeadura foi realizada com milho. O manejo da cobertura vegetal para a formação de palhada foi realizado com roçadora, seguindo as recomendações para o sistema e semeadura direta.

O experimento foi conduzido nos meses de agosto e setembro de 2010, com o levantamento dos dados sendo feito em cinco dias consecutivos, de modo a não receber influência de variações climáticas. Durante o período, não houve precipitações sobre a área, não alterando, de forma acentuada, as condições de umidade.

Antes de começar o trabalho de semeadura foi realizada uma amostragem do solo para o levantamento do teor de água no solo e sua densidade.

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme EMBRAPA (1997). As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm de profundidade, realizando-se seis repetições na área experimental.

O solo foi coletado com o uso de amostrador tipo UHLAN, posteriormente, acondicionado em sacos plásticos vedado com fitas adesivas para transporte ao laboratório, sendo então pesados em balança digital de precisão de 0,01 g e levados à estufa elétrica, com temperatura de aproximadamente 105 °C por 24 horas, sendo que após este processo foram submetidos à nova pesagem apresentando umidade de 18,86%.

Utilizou-se o método do anel volumétrico para determinar a densidade do solo, realizado em amostras retiradas na camada de 0-10 cm de profundidade,

conforme descrito em (EMBRAPA, 1997) apresentando densidade média de $1,18 \text{ g cm}^{-3}$.

No cálculo dos valores médios do teor de água e, de sua variação ao longo da área experimental, obteve-se um coeficiente de variação de 9,5%, caracterizando uma baixa variação nos valores de teor de água, indicando uma uniformidade de teor de água do solo na área experimental durante o experimento.

No cálculo dos valores médios de densidade e, de sua variação ao longo da área experimental, obteve-se um coeficiente de variação de 4,1%, caracterizando uma baixa variação nos valores de densidade, indicando uma uniformidade de densidade do solo na área experimental durante o experimento.

O clima da região é classificado, segundo KOPPEN (1948), como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C , sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e a mais quente, em torno de 27°C . A região caracteriza-se por apresentar precipitação média anual de 1.050 mm, concentrando-se nos meses de outubro a janeiro.

Descrição do conjunto mecanizado.

No trabalho de campo, utilizou-se um conjunto trator e semeadora-adubadora (Figura 3).



Figura 3 – Trator modelo John Deere 4x2 TDA com a semeadora-adubadora acoplada, usado na semeadura direta.

O trator utilizado foi um John Deere (Quadro 2).

Quadro 2 - Características técnicas do trator.

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| Marca: | John Deere |
| Modelo: | 5705 4x2 TDA |
| Motor: | John Deere/4045T |
| Número de cilindros: | 4 |
| Potência máxima no motor à 2400 rpm: | 63 kW (85 cv) |
| Potência máxima na TDP: | 53 kW (72 cv) |
| Potência no motor à 2100 rpm | 58,57 kW (79,02 cv) |
| Potência na TDP a 540 rpm: | 50,37 kW (67,96 cv) |
| Bitola dianteira: | 1,65 m |
| Bitola traseira: | 1,65 m |

Durante o experimento, a tração dianteira auxiliar não foi acionada com o trator operando em condições normais, sem o bloqueio do diferencial. No trabalho utilizaram-se as marchas: 2A, 1B e 2B a 2100 rpm no motor. No trator foram acoplados a semeadora-adubadora e os instrumentos para registro e aquisição de dados do medidor de consumo de combustível e entre a barra de tração e o cabeçalho da semeadora-adubadora foi acoplada a célula de carga.

Na semeadora-adubadora (Quadro 3) utilizada no experimento – durante as avaliações, mantiveram-se os depósitos com metade da sua capacidade.

Quadro 3 - Características técnicas da semeadora-adubadora.

| | |
|----------------------------------|----------|
| Marca: | MAX |
| Modelo: | PCR 2226 |
| Largura do chassi: | 2,715 m |
| Número máximo de linhas: | 6 |
| Espaçamento mínimo entre linhas: | 0,45 m |
| Capacidade de adubo: | 500 kg |

| | |
|--|---|
| Capacidade de sementes por linha: | 43 L |
| Disco de corte de palhada: | 0,41 m |
| Mecanismo dosador se sementes: | Disco perfurado horizontal |
| Mecanismo sulcador para sementes: | Discos duplos defasados |
| Mecanismo sulcador para adubo: | Discos duplos defasados |
| Rodas compactadoras/profundidade: | Duas rodas lisas em "V", com 0,345 m de diâmetro e 0,045 m de largura |
| Acoplamento ao trator: | Barra de tração |
| Potência requerida no motor do trator: | 58,8 kW (78,9 cv) |
| Tipo de rodado: | pneus motrizes com garras do tipo militar 6.50-16 |
| Peso aproximado: | 1550 - 1850 kg |

Apesar da semeadora-adubadora poder ser configurada com quatro linhas, adotou-se três linhas de semeio para o milho, espaçadas a 0,90 m. Essa escolha se deu em função da operacionalidade das avaliações.

Foram utilizados mecanismos sulcadores do tipo discos duplos defasados para adubo e sementes (Figura 4).



Figura 4 – Sulcadores do tipo discos duplos defasados para adubo e sementes.

O acoplamento da máquina se faz à barra de tração do trator, e o levantamento da máquina para transporte e manobras, pelo controle remoto do trator. O acionamento dos sistemas dosadores de sementes e adubos se dá por rodas com pneus de borracha, sendo que cada roda aciona metade das unidades

de distribuição de sementes e adubo da máquina por meio de coroas dentadas, correntes e eixos.

A regulagem da distribuição de sementes se dá pela troca do disco perfurado (Figura 5) e/ou pela substituição de engrenagens, e a regulagem da distribuição de fertilizantes se dá pela substituição da rosca sem-fim dosadora e/ou pela troca de engrenagens de acionamento.



Figura 5 – Discos perfurados horizontais de 28 células usados para semeadura direta e convencional do milho.

Descrição do sistema de aquisição automática de dados

O sistema de aquisição automática de dados foi composto por sensores para determinação do fluxo de combustível, frequência da TDP e força de tração e um coletor de dados, além de um sistema de posicionamento global (GPS).

Para a determinação do fluxo de combustível, utilizou-se o sensor modelo Oval M-III LSF45L0-M2, com capacidade de leitura de 10 mL pulso^{-1} (Figura 6).



Figura 6 – Sensor para determinação do fluxo de combustível.

O sensor foi instalado na linha de alimentação de combustível depois do primeiro filtro de combustível. No retorno dos bicos e bomba injetora, entre o medidor e a bomba de sucção, foi conectado um T, de forma a representar o sistema em um circuito fechado (Figura 5) . Instalou-se antes e depois do sensor, uma mangueira de 2 m, para garantir que o fluxo do combustível pelo medidor seja laminar e não turbulento.

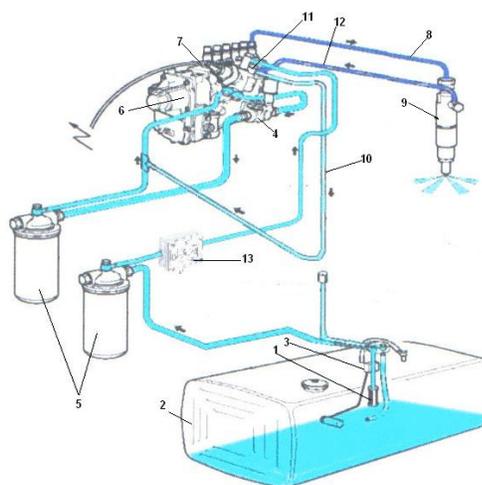


Figura 5 – Esquema de montagem do sensor de fluxo de combustível.

- 1- Tubo de sucção com filtro;
- 2- Reservatório de combustível;
- 3- Medidor de nível de combustível;

- 4- Bomba alimentadora;
- 5- Filtros de combustível;
- 6- Bomba injetora;
- 7- Válvula de combustível;
- 8- Tubo de pressão;
- 9- Bico injetor;
- 10- Linha de retorno (desvio para alimentação);
- 11- Válvula de alívio;
- 12- Tubo de retorno de combustível; e
- 13- Sensor de fluxo de combustível.

Para a determinação da força de tração, utilizou-se uma célula de carga marca SCHIMIZU, modelo T400, com sensibilidade de 2,8972 mV/V e escala nominal de 10 tF (Figuras 7).



Figura 7 – Detalhe da célula de carga durante o trabalho.

Para a determinação da posição do conjunto trator e roçadora, utilizou-se um aparelho de GPS modelo Garmin 60Csx.

Para a coleta dos dados obtidos pelos sensores de fluxo de combustível, indutivo e célula de carga, utilizou-se um sistema de aquisição de dados, modelo Campbell Scientific CR1000. O coletor de dados possui capacidade para armazenamento de até 4.000.000 de dados.

Nos registros de dados, foram consideradas as variáveis: consumo de combustível horário, frequência da TDP, força de tração, data e hora da coleta dos dados.

Determinação das variáveis relacionadas ao desempenho do conjunto trator e semeadora-adubadora

Durante as avaliações de campo do conjunto trator e semeadora-adubadora, algumas variáveis foram determinadas de forma direta pelos sensores de fluxo e célula de carga, como o consumo de combustível instantâneo. Outras variáveis foram determinadas de forma indireta.

A partir dos valores de força de tração obtidos pela célula de carga, a força de tração foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{t} \quad \text{eq.1}$$

em que:

FM = força de tração média, kN;

F_i = força de tração instantânea, kN; e

T = tempo de percurso na parcela, s.

O cálculo da potência demandada na barra de tração foi realizado em função da força de tração e da velocidade de deslocamento, conforme a Equação 2.

$$P_{bt} = \frac{F_m \times v_r}{3,6} \quad \text{eq.2}$$

em que:

P_{bt} = potência na barra de tração, kW; e

V_r = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h⁻¹.

O cálculo do rendimento na barra de tração foi realizado de acordo com a Equação 3.

$$R_{bt} = \frac{P_{bt}}{P_m} \times 100 \quad \text{eq .3}$$

em que:

R_{bt} = Rendimento na barra de tração, %; e

P_m = potência no motor, 58,57 kW (conforme informação do fabricante).

A capacidade de campo teórica foi determinada por meio da largura de trabalho de semeadura da semeadora-adubadora e sua velocidade de deslocamento teórico, de acordo com a marcha de trabalho selecionada. O trabalho foi realizado utilizando-se as marchas: 2A, 1B e 2B, que corresponde a 3, 5 e 8 km h⁻¹, respectivamente. A capacidade de campo teórica foi calculada pela Equação 4.

$$C_t = \frac{L \times v_t}{10} \quad \text{eq .4}$$

em que:

C_t = capacidade de campo teórica, ha h⁻¹;

L = largura de trabalho da semeadora-adubadora, m; e

v_t = velocidade teórica de deslocamento do conjunto, km h⁻¹.

A capacidade de campo efetiva foi determinada utilizando-se o valor da velocidade real de deslocamento e a largura de trabalho da semeadora-adubadora. A largura de trabalho da semeadora-adubadora foi medida no campo. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 5.

$$C_e = \frac{L \times v_r}{10} \quad \text{eq .5}$$

em que:

CE = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹;

O cálculo da eficiência de campo foi realizado de acordo com a Equação 6.

$$Efc = \frac{C_e}{C_t} \times 100 \quad \text{eq .6}$$

em que:

Efc = eficiência de campo, %.

Para determinar o consumo de combustível horário, foram utilizados os dados obtidos pelo sensor de fluxo de combustível.

Os pulsos gerados pelo sensor de fluxo foram convertidos em volume, considerando a relação de 10 mL pulso⁻¹.

O cálculo do consumo horário foi realizado de acordo com a Equação 7.

$$Ch = \frac{V}{t} \times 3,6 \quad \text{eq .7}$$

em que:

Ch = consumo horário, L h⁻¹;

V = volume consumido, mL;

T = tempo de percurso na parcela, s; e

3,6 = fator de conversão.

O cálculo do consumo específico de combustível foi realizado de acordo com a Equação 8.

$$Cesp = \frac{Ch \times d}{Pbt} \times 1000 \quad \text{eq .8}$$

em que:

Cesp = consumo específico, g kW⁻¹ h⁻¹; e

D = densidade do combustível, 0,825 g L⁻¹.

O cálculo do consumo operacional foi realizado de acordo com a Equação 9.

$$Co = \frac{Ch}{Ce} \quad \text{eq.9}$$

em que:

Co = consumo operacional, L ha⁻¹; e

CE = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹.

O cálculo do consumo energético por unidade de área trabalhada foi realizado de acordo a Equação 10.

$$Cet = \frac{Pbt}{Ce} \quad \text{eq.10}$$

em que:

CET = consumo energético por área trabalhada, kWh ha⁻¹.

A patinação dos rodados do trator foi realizada pela Equação 11. Cada dado de patinação foi obtido deslocando-se o trator para suas rodas completarem cinco voltas.

$$Pat = \left(\frac{A_1 - A_n}{A_1} \right) \times 100 \quad \text{eq.11}$$

em que:

Pat = patinação das rodas motrizes, %;

A₁ = avanço sem carga por número de voltas, m.; e

A_n = avanço com carga por número de voltas, m.

A velocidade média de deslocamento foi adquirida utilizando o aparelho de GPS.

A uniformidade de distribuição longitudinal de sementes foi obtida medindo-se o espaçamento entre sementes em um metro em cada unidade experimental e nas três linhas de semeadura, logo após a semeadura.

Posteriormente, os espaçamentos foram classificados em múltiplos, aceitáveis e falhos, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Limites de tolerância das variáveis dos espaçamentos (X_i) entre sementes e o tipo de espaçamento considerado.

| Tipo de espaçamento | Intervalo de tolerância para variação de X_i |
|---------------------|--|
| Múltiplos | $X_i < 0,5 * X_{ref}$ |
| Aceitáveis | $0,5 * X_{ref} < X_i < 1,5 * X_{ref}$ |
| Falhos | $X_i > 1,5 * X_{ref}$ |

X_i = espaçamento entre sementes obtido no campo.

X_{ref} = valor de referência obtido em função do espaçamento e da população.

Fonte: Kurachi et al. (1989).

A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e KURACHI et al. (1989).

Avaliação estatística

Os fatores avaliados foram arranjados para permitir a avaliação dos efeitos das variáveis individualmente ou em grupos, sendo todos os dados submetidos à análise de variância, aplicando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação das médias.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x2, com três velocidades de deslocamento, sendo elas de 3,0; 5,0 e 8,0 km h⁻¹ (0,83; 1,39 e 2,22 m s⁻¹), e dois sistemas de preparo – semeadura direta e convencional, no delineamento em blocos casualizados, com três repetições, totalizando 18 unidades experimentais.

No Quadro 5 é apresentada a descrição dos tratamentos, que foram assim denominados: $T_1 = V_1SC$; $T_2 = V_2SC$; $T_3 = V_3SC$; $T_4 = V_1SD$; $T_5 = V_2SD$; $T_6 = V_3SD$.

Quadro 5 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

| Tratamento | Descrição |
|---------------|---|
| $T_1 = V_1SC$ | Velocidade de deslocamento de $3,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura convencional |
| $T_2 = V_2SC$ | Velocidade de deslocamento de $5,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura convencional |
| $T_3 = V_3SC$ | Velocidade de deslocamento de $8,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura convencional |
| $T_4 = V_1SD$ | Velocidade de deslocamento de $3,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura direta |
| $T_5 = V_2SD$ | Velocidade de deslocamento de $5,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura direta |
| $T_6 = V_3SD$ | Velocidade de deslocamento de $8,00 \text{ km h}^{-1}$ no sistema de semeadura direta |

Cada unidade experimental possuía largura de 2 m e comprimento de 71 m de comprimento (142 m^2), sendo a área total utilizada no experimento de 2.698 m^2 (0,27 ha). Na Figura 8 é apresentado o croqui da área experimental, com a disposição das unidades experimentais e dos tratamentos.

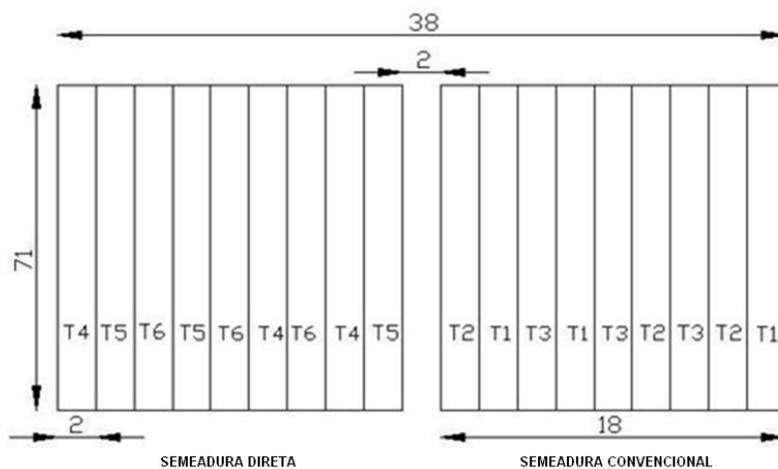


Figura 8 – Distribuição dos tratamentos na área do experimento. A área da esquerda no sistema de semeadura direta e da direita em sistema de semeadura convencional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de todos os parâmetros monitorados e avaliados, foram apresentados na forma de quadros e figuras. Os resumos da análise de variância expressos pelo Teste F e os resultados dos testes de médias dos parâmetros e fatores estudados, foram agrupados em quadros e nas causas de interações significativas, estas foram desmembradas em quadros de dupla entrada.

Nos quadros de resultados de análise de variância e de teste de médias, as médias seguidas de letras minúsculas diferentes em cada coluna e para cada fator, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; as médias seguidas da mesma letra indicam que as médias não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; asterisco (*) representa efeito significativo ($P < 0,05$); asteriscos (**) representam efeito significativo ($P < 0,01$); ns representa o efeito não significativo; e CV corresponde ao coeficiente de variação.

Nos Quadros de interação, as médias seguidas da mesma letra minúscula em cada coluna e, maiúscula em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A seqüência de apresentação dos resultados e as discussões, foram feitas agrupando-se os parâmetros por afinidade e, sempre que possível, dentro da seqüência cronológica de execução das atividades.

Consumo horário de combustível

Observou-se que os fatores sistema de semeadura e velocidade, tiveram efeito sobre o consumo horário de combustível. No sistema de semeadura direta o trator consumiu maior volume de combustível do que no sistema de semeadura convencional.

De acordo com os resultados de requerimento de força e potência, a tendência seria de que o sistema de semeadura direta apresentasse maior consumo horário de combustível. A diferença percentual de 10,56% no aumento do consumo horário de combustível no sistema de semeadura direta ocorreu provavelmente, ao maior esforço dos sulcadores para romper o solo. FURLANI (2000) e MAHL (2002) detectaram uma redução percentual de 10 e 12,4%, só que em solo sob plantio direto.

O consumo horário de combustível na operação de semeadura do milho é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável consumo horário de combustível.

| Consumo Horário de Combustível (L h ⁻¹) | |
|---|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 2,568889 ** |
| V | 7,828889 ** |
| SS x V | 0,068889 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 7,20 b |
| Semeadura Direta | 7,96 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 6,30 b |
| 5,0 km h ⁻¹ | 7,93 a |
| 8,0 km h ⁻¹ | 8,50 a |
| CV (%) | 5,32 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O consumo horário de combustível aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento, não se observando diferenças estatísticas entre as velocidades de 5,0 e 8,0 km h⁻¹.

Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹ – acréscimo de 65,32% na capacidade de campo efetiva – o consumo horário de combustível passou de 6,30 para 7,93 L h⁻¹, representando um aumento percentual de 25,87%. E com o aumento da velocidade de 3,0 para 8,0 km h⁻¹ – acréscimo de 127,29% na capacidade de campo efetiva – o consumo horário de combustível passou de 6,30 para 8,50 L h⁻¹, representando um aumento percentual de 34,92%.

OLIVEIRA (1997) também detectou aumento do consumo horário de combustível de 17%, com o aumento da velocidade – 5,0 para 7,0 km h⁻¹ – na operação de semeadura em dois tipos de solo. MAHL (2002) também detectou aumento do consumo horário de combustível de 30,5%, com o aumento da velocidade – 4,4 para 9,8 km h⁻¹ – na operação de semeadura em dois tipos de solo. FULANI et al. (2007) estudaram o desempenho de uma semeadora-adubadora em plantio direto com as velocidades 4,5; 5,0 e 6,0 km h⁻¹, observando que com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento no consumo horário de combustível. MAHL (2006), MAHL et al. (2005) e SILVA (2009) também encontraram efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento do consumo horário de combustível.

O acréscimo do consumo horário de combustível pode ser explicado pela alta exigência do conjunto trator-semeadora-adubadora devido ao aumento da velocidade.

Consumo específico de combustível

O consumo específico de combustível na operação de semeadura do milho é apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável consumo específico de combustível.

| Consumo Específico Combustível (g kW ⁻¹ h ⁻¹) | |
|--|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 339542,5 ** |
| V | 512160,2 ** |
| SS x V | 4751,448 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 1.300,22 a |
| Semeadura Direta | 1.025,53 b |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 1.470,27 a |
| 5,0 km h ⁻¹ | 1.129,54 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 888,80 c |
| CV (%) | 6,83 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados, observou-se que os fatores sistema de semeadura e velocidade, tiveram efeito sobre o consumo específico de combustível.

O volume de combustível para gerar a potência necessária na barra de tração para tracionar a semeadora-adubadora, entre os dois tipos de sistemas de semeadura foi diferente. No sistema de semeadura convencional o trator apresentou maior consumo específico do que no sistema de semeadura direta.

De acordo com os resultados de requerimento de força e potência, a tendência seria de que o sistema de semeadura direta apresentasse menor consumo específico de combustível. A diferença percentual de 26,79% no aumento do consumo específico de combustível no sistema de semeadura convencional ocorreu provavelmente, ao esforço dos sulcadores para romper o solo. MONTEIRO (2008) e NAGAOKA et al. (2002) observaram um maior consumo específico em solo mobilizado.

O consumo específico de combustível diminuiu com o aumento da velocidade de deslocamento, observando-se diferenças estatísticas entre todas as velocidades de deslocamento. Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h^{-1} , o consumo específico de combustível passou de 1.470,27 para 1.129,54 $\text{g kW}^{-1} \text{h}^{-1}$, representando uma redução percentual de 30,17%. E com o aumento da velocidade de 3,0 para 8,0 km h^{-1} , o consumo específico de combustível reduziu de 1470,27 para 888,80 $\text{g kW}^{-1} \text{h}^{-1}$, representando uma queda percentual de 65,42%. MONTEIRO (2008) também detectou redução do consumo específico de combustível com o aumento da velocidade.

Consumo operacional de combustível

O consumo operacional de combustível na operação de semeadura do milho é apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável consumo operacional de combustível.

| Consumo Operacional Combustível (L ha ⁻¹) | |
|---|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 7,089570 ** |
| V | 50,14427 ** |
| SS x V | 0,511866 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 10,45 b |
| Semeadura Direta | 11,70 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 14,12 a |
| 5,0 km h ⁻¹ | 10,73 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 8,37 c |
| CV (%) | 5,05 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados, verificou-se que, entre os sistemas de semeadura convencional e direta foi encontrada diferença significativa para os valores do consumo operacional de combustível.

Assim como, no comportamento do consumo horário no sistema de semeadura direta foi encontrado o maior valor para o consumo operacional. Houve uma diferença percentual de 11,96% no aumento do consumo horário de combustível no sistema de semeadura direta e ocorreu, provavelmente, à menor velocidade de deslocamento no sistema de semeadura direta.

Com relação às velocidades, todas diferiram estatisticamente entre si, proporcionando um decréscimo nos valores do consumo operacional de combustível à medida que a velocidade de deslocamento foi aumentada. Da velocidade 3,0 km h⁻¹ para a velocidade de 8,0 km h⁻¹, houve um decréscimo de 68,70%.

SILVA (2009) e MAHL et al. (2004) constataram que esta variável, em relação à variação de velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora, apresentou influência sobre o consumo operacional de combustível, constatando que com o aumento da velocidade, houve redução significativa dessa variável. Comportamento semelhante também foi encontrado por MAHL & GAMERO (2003).

OLIVEIRA et al. (2000) observaram diferença significativa no consumo operacional de combustível ao variar a velocidade de deslocamento, sendo que o maior valor foi verificado para a velocidade de 5,0 km h⁻¹ que foi a menor utilizada. FURLANI et al. (2007) verificaram, também, que houve diminuição no consumo operacional de combustível da menor para a maior velocidade de deslocamento estudada, apresentando diferença significativa.

Consumo energético por área trabalhada

O consumo energético por área trabalhada na operação de semeadura do milho é apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável consumo energético por área trabalhada.

| Consumo Energético por Área Trabalhada (kWh ha ⁻¹) | |
|---|-------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 35,702040 ** |
| V | 0,0041886 ^{ns} |
| SS x V | 0,2240746 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 6,64 b |
| Semeadura Direta | 9,46 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 8,03 a |
| 5,0 km h ⁻¹ | 8,08 a |
| 8,0 km h ⁻¹ | 8,04 a |
| CV (%) | 7,58 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com relação à energia de semeadura por área trabalhada, a análise de variância revelou diferença significativa de suas médias com relação aos dois sistemas de semeadura.

Observou-se, no sistema de semeadura direta, um maior consumo energético por área trabalhada. Verificou-se uma diferença percentual de 42,47% no aumento do consumo energético por área trabalhada no sistema de semeadura direta.

O fator velocidade não causou efeito significativo no consumo energético por área trabalhada. O aumento da velocidade não provocou aumento no consumo energético por área trabalhada.

Força de tração na barra

No Quadro 10 são apresentados os resultados da demanda de força de tração na barra.

Quadro 10 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável força de tração na barra.

| Força de Tração (kN) | |
|----------------------------------|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 14,99143 ** |
| V | 0,001759 ^{ns} |
| SS x V | 0,094089 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 4,30 b |
| Semeadura Direta | 6,13 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 5,20 a |
| 5,0 km h ⁻¹ | 5,23 a |
| 8,0 km h ⁻¹ | 5,21 a |
| CV (%) | 7,58 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados, o fator sistemas de semeadura diferiu estatisticamente para o parâmetro de demanda de força média de tração avaliado.

O sistema de semeadura direta apresentou valor de força média de tração significativamente superior ao obtido para o sistema de semeadura convencional. Isto ocorreu, provavelmente, devido à maior resistência que o solo ofereceu aos sulcadores de sementes e adubos da semeadora-adubadora.

O sistema de semeadura direta exigiu, em média, 6,13 kN, enquanto que o sistema de semeadura convencional exigiu, em média, 4,30 kN, resultando em uma diferença percentual de 42,56%.

Discordando de resultados obtidos por CASÃO JÚNIOR (2000) e SIQUEIRA et al. (2001), e concordando com resultados obtidos por MAHL (2000), o aumento da velocidade não provocou aumento na força de tração média. MAHL et al. (2004), avaliando a demanda energética e a eficiência da distribuição de sementes de uma semeadora-adubadora para semeadura direta, verificaram que, em relação à velocidade de deslocamento, a força de tração nas duas velocidades menores (4,4 e 6,1 km h⁻¹) foi semelhante, e essas diferiram da maior velocidade testada (8,1 km h⁻¹). SILVA (2000), também não encontrou diferença significativa entre os tratamentos em função das velocidades de deslocamento. Porém MAHL (2006) observou que a velocidade de 5,5 km h⁻¹, demandou menor esforço médio em relação às velocidades 7,9 km h⁻¹ e 10,1 km h⁻¹. SILVEIRA et al. (2005), constataram o requerimento de força de tração de 5,51 kN.

Potência de tração na barra

O Quadro 11 apresenta os resultados da demanda de potência de tração na barra na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 11 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável potência de tração na barra.

| Potência na Barra de Tração (kW) | |
|----------------------------------|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 19,34481 ** |
| V | 31,52429 ** |
| SS x V | 1,704502 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 4,87 b |
| Semeadura Direta | 6,94 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 3,58 c |
| 5,0 km h ⁻¹ | 5,99 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 8,16 a |
| CV (%) | 9,82 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se pelo Quadro 11 que o comportamento estatístico do fator sistemas de semeadura e velocidade para o parâmetro de avaliação do

requerimento de potência média, tiveram efeito significativamente para o parâmetro de força média de tração na barra.

Desta forma, a discussão contida no parâmetro força média de tração na barra para este fator, é a mesma também para o parâmetro de avaliação de demanda de potência média. Ressalta-se apenas que, em média, o sistema de semeadura convencional exigiu 42,51% a menos de potência em relação à semeadura direta.

As velocidades diferiram estatisticamente entre si, o parâmetro potência também diferiu entre si com a variação da mesma, sendo que, o aumento da velocidade provocou aumento gradativo do parâmetro potência. Tal resultado assemelha-se aos obtidos por OLIVEIRA (1997), SIQUEIRA et al. (2001) e MAHL (2002).

Sabendo-se que a demanda de potência é uma relação direta entre a força de tração e a velocidade, constatou-se neste experimento que a exigência de potência na barra de tração foi menor para a menor velocidade. MAHL (2006) comenta que à medida que aumentou o nível da velocidade de deslocamento, ocorreu aumento gradativo na demanda de potência.

Na maior velocidade de semeadura, obteve-se 8,16 kW de potência. Com o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 3,0 para 8,0 km h⁻¹, observou-se um aumento percentual de 127,93% na potência média na barra de tração.

Rendimento na barra de tração

O Quadro 12 apresenta os resultados do rendimento na barra de tração na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 12 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável rendimento na barra de tração.

| Rendimento na Barra de Tração (%) | |
|-----------------------------------|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 56,39154 ** |
| V | 91,89562 ** |
| SS x V | 4,968749 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |

| | |
|------------------------|--------------|
| Semeadura Convencional | 8,31 b |
| Semeadura Direta | 11,85 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 6,10 c |
| 5,0 km h ⁻¹ | 10,22 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 13,93 a |
| CV (%) | 9,82 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação às condições estudadas de sistemas de semeadura e velocidade, houve diferença estatisticamente significativa entre os sistemas de semeadura. O sistema de semeadura direta foi onde se encontrou o maior rendimento na barra de tração – 11,85%.

De acordo com os dados, observou-se que, com o aumento da velocidade há um aumento no rendimento na barra de tração. A maior velocidade apresentou o maior rendimento na barra de tração para os dois sistemas de semeadura.

O Quadro 13 apresenta os resultados do rendimento na barra de tração, função dos sistemas de semeadura e velocidade.

Quadro 13 – Valores médios do rendimento na barra de tração, em função dos sistemas de semeadura e velocidade.

| Sistema de Semeadura | Rendimento na Barra de Tração (%) | | |
|------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | 3,0 km h ⁻¹ | 5,0 km h ⁻¹ | 8,0 km h ⁻¹ |
| Semeadura Convencional | 5,31 aA | 8,29 aB | 11,33 aC |
| Semeadura Direta | 6,89 bA | 12,14 bA | 16,52 bA |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna e na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O Quadro 13 mostra que a velocidade de maior rendimento na barra de tração, para os dois tipos de sistemas de semeadura, foi a velocidade de 8,0 km h⁻¹. A marcha de 3,0 km h⁻¹ apresentou o menor rendimento na barra de tração para os dois sistemas de semeadura. MONTEIRO (2008) verificou, também, que houve acréscimo no rendimento da potência na barra de tração da menor para a maior velocidade de deslocamento estudada, apresentando diferença significativa. Concordando com os resultados encontrados neste experimento.

Capacidade de campo efetiva

O Quadro 14 apresenta os resultados da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 14 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável capacidade de campo efetiva.

| Capacidade de Campo Efetiva (ha h ⁻¹) | |
|---|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 0,000317 ^{ns} |
| V | 0,486456 ^{**} |
| SS x V | 0,000468 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 0,74 a |
| Semeadura Direta | 0,73 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 0,45 c |
| 5,0 km h ⁻¹ | 0,74 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 1,02 a |
| CV (%) | 2,61 |

^{**}Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; ^{*}Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A capacidade de campo efetiva, é função direta da variação da velocidade de deslocamento. Desta forma, a análise estatística revelou que os mesmos fatores que interferiram na variação de velocidade, foram os responsáveis pela variação da capacidade de campo efetiva.

Assim, a capacidade de campo efetiva apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos de velocidade, obtendo-se menor capacidade de campo na menor velocidade, a qual diferiu das demais, sendo que a maior capacidade de campo – obtida na maior velocidade – foi de 1,016 ha h⁻¹.

O aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de 3,0 para 5,0 e para 8,0 km h⁻¹, permitiu aumentar em 65,32 e 127,29%, respectivamente, a capacidade de campo efetiva.

À medida que aumentou a velocidade, a capacidade de campo efetiva apresentou resultados diretamente proporcionais. BRANQUINHO et al. (2004), estudando três tipos de manejos com duas velocidades de deslocamento da semeadora-adubadora (5,2 e 7,3 km h⁻¹), observaram que a capacidade de

campo efetiva da semeadora-adubadora foi maior na velocidade mais alta. O efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento da capacidade de campo efetiva foi verificado também por LEVIEN et al. (1999), que obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo efetiva para a maior velocidade, enquanto MARQUES et al. (1999) encontraram 1,45 ha h⁻¹.

Quadro 15 – Interação entre os fatores sistema de semeadura e velocidade para o fator capacidade de campo efetiva.

| Sistema de Semeadura | Capacidade de Campo Efetiva (ha h ⁻¹) | | |
|------------------------|---|------------------------|------------------------|
| | 3,0 km h ⁻¹ | 5,0 km h ⁻¹ | 8,0 km h ⁻¹ |
| Semeadura Convencional | 0,46 aA | 0,73 aB | 1,03 aC |
| Semeadura Direta | 0,44 aA | 0,75 aB | 1,01 bC |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna e na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com o Quadro 15, nas velocidades de 3,0 e 5,0 km h⁻¹, a capacidade de campo efetiva foi estatisticamente semelhantes nos dois sistemas de semeadura.

Eficiência de campo

O Quadro 16 apresenta os resultados da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 16 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável eficiência de campo.

| Eficiência de Campo (%) | |
|----------------------------------|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 5,555556 ^{ns} |
| V | 283,9852 ^{**} |
| SS x V | 8,222222 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 79,08 a |
| Semeadura Direta | 77,97 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 82,78 a |
| 5,0 km h ⁻¹ | 82,20 a |
| 8,0 km h ⁻¹ | 70,58 b |
| CV (%) | 3,00 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.
Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O fator velocidade para o parâmetro de avaliação da eficiência de campo, apresentou efeito significativamente. Observou-se que as velocidades de 3,0 e 5,0 km h⁻¹ não se diferiram entre si e apresentaram os melhores valores de eficiência de campo para o trabalho de semeadura.

Sabendo-se que a eficiência de campo é uma relação direta entre a largura de trabalho da semeadora-adubadora e a velocidade, constatou-se neste experimento que a eficiência de campo diminuiu com o aumento da velocidade de 3,0 km h⁻¹ para 5,0 km h⁻¹, já que a largura de trabalho foi a mesma para todas as velocidades. Observou-se que a maior velocidade (8,0 km h⁻¹) foi a que apresentou a menor eficiência de campo. Isso pode ser justificado pela velocidade efetiva de trabalho ter ficado muito aquém da velocidade teórica de trabalho.

SILVEIRA et al. (2006) observaram no trabalho de semeadura uma eficiência média do conjunto trator-semeadora-adubadora de 49,2%. A velocidade média de operação foi de 3,4 km h⁻¹ com um CV de 20,4%. Os autores verificaram que a velocidade de operação variou bastante e as diferenças foram devidas às diferentes condições de solo durante a semeadura.

Observa-se pelo Quadro 16 que o comportamento estatístico do fator sistemas de semeadura não afetou a variável eficiência de campo no trabalho de semeadura, ou seja, a eficiência de campo foi estatisticamente igual para os dois sistemas de semeadura.

Os valores de eficiência de campo observados neste trabalho ficaram dentro das faixas citadas por alguns autores, como por exemplo MOLIN & MILAN (2002) citam que a eficiência de campo no trabalho de semeadura varia de 65 a 85%. Para SILVEIRA (2001) a faixa varia de 60 a 80%.

Velocidade de deslocamento

Sendo um dos objetivos deste trabalho avaliar o desempenho de semeadora-adubadora de semeadura direta sob variação de velocidades de

deslocamento, optou-se por monitorá-la durante todo o deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora nas parcelas experimentais.

Os resultados da variação da velocidade de deslocamento na semeadura da cultura de milho são apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável velocidade de deslocamento.

| Velocidade de deslocamento (km h ⁻¹) | |
|--|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 0,009800 ^{ns} |
| V | 15,01407 ^{**} |
| SS x V | 0,014466 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 4,10 a |
| Semeadura Direta | 4,06 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 2,48 c |
| 5,0 km h ⁻¹ | 4,11 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 5,65 a |
| CV (%) | 2,61 |

^{**}Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; ^{*}Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para atender aos objetivos propostos de avaliação das máquinas de semeadura em três velocidades de deslocamento, optou-se por uma baixa, uma intermediária e uma alta, as quais foram definidas em função do escalonamento de marchas do trator utilizado.

Nos ensaios realizados, os valores de velocidades foram menores do que aqueles indicados na cabine do trator. As marchas 2A, 1B e 2B correspondem às velocidades de 3, 5 e 8 km h⁻¹, respectivamente, para o trator sem carga com frequência de 2.100 rpm.

O coeficiente de variação do monitoramento da velocidade de deslocamento foi de 2,61%, o qual pode ser considerado como baixo.

Patinagem dos rodados do trator

O Quadro 18 mostra os resultados da patinagem dos rodados do trator na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 18 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para a variável patinagem do rodado do trator.

| Patinagem dos rodados do trator (%) | |
|-------------------------------------|------------------------|
| TESTE F | QM |
| SS | 4,171336 ** |
| V | 1,439522 ** |
| SS x V | 0,945665 ^{ns} |
| FATORES | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 4,67 a |
| Semeadura Direta | 3,71 b |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA |
| 3,0 km h ⁻¹ | 3,97 b |
| 5,0 km h ⁻¹ | 3,86 b |
| 8,0 km h ⁻¹ | 4,75 a |
| CV (%) | 4,73 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que o fator sistema de semeadura teve efeito significativo sobre a patinagem dos rodados do trator. No sistema de semeadura direta os resultados mostraram uma patinagem média menor que os valores encontrados no solo mobilizado, confirmando a interferência da cobertura vegetal na interação rodado/solo, confirmando os resultados relatados por JESUÍNO (2007).

Verificou-se que na semeadura convencional o valor de patinagem foi maior que na semeadura direta. Tal resultado pode ser explicado pela melhor condição de tração no solo não mobilizado. Esses resultados mostram que as condições da superfície do solo podem alterar significativamente o esforço do trator, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator. Diferentes condições da superfície do solo causam diferentes condições de patinagem dos rodados do trator, confirmando os resultados relatados por GU & KUSHWARA (1994), MIALLE (1996), LANÇAS & UPADHYAYA (1997), GABRIEL FILHO et al. (2004), MONTEIRO (2008).

O Quadro 19 apresenta os valores médios da patinagem dos rodados do trator, em função dos sistemas de semeadura e velocidade. A velocidade de 8,0 km h⁻¹ diferiu estatisticamente das demais no sistema convencional, apresentando o maior valor de patinagem. Os valores de patinagem estão abaixo da faixa ótima de patinagem estabelecida por MIALHE (1996) e pela ASAE (1989).

Quadro 19 – Valores médios da patinagem dos rodados do trator, em função dos sistemas de semeadura e velocidade.

| Sistema de Semeadura | Patinagem do rodado do trator (%) | | |
|------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | 3,0 km h ⁻¹ | 5,0 km h ⁻¹ | 8,0 km h ⁻¹ |
| Semeadura Convencional | 4,14 aA | 4,20 aA | 5,68 aB |
| Semeadura Direta | 3,80 bA | 3,51 bA | 3,83 bA |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna e na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação da patinagem dos rodados do trator foi de 4,73%, o qual pode ser considerado como baixo.

Distribuição longitudinal de sementes

O resultado da regularidade de distribuição longitudinal de sementes expresso pelos espaçamentos entre sementes múltiplos (EEM), aceitáveis (EEA) e falhos (EEF) e por sementes distribuídas por metro linear (SDML), é apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 – Análise de variância expressa pelo Teste de F para as variáveis semente por metro linear (SDML), espaçamento múltiplo (EEM), espaçamento aceitável (EEA), espaçamento falho (EEF).

| | Distribuição Transversal de Sementes | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | SDML | EEM | EEA | EEF |
| TESTE F | QM | QM | QM | QM |
| SS | 2,0000 ** | 2,7222 ** | 1,3888 ns | 2,0000 ** |
| V | 1,1666 ** | 1,1666 ** | 2,1666 ns | 2,0000 ** |
| SS x V | 1,1666 ** | 2,0555 ** | 1,7222 ns | 0,6666 ** |
| FATORES | | | | |
| SISTEMA DE SEMEADURA (SS) | MÉDIA | MÉDIA | MÉDIA | MÉDIA |
| Semeadura Convencional | 7,0 b | 0,1 b | 4,9 a | 1,0 b |
| Semeadura Direta | 7,7 a | 0,9 a | 5,4 a | 0,3 a |
| VELOCIDADE (V) | MÉDIA | MÉDIA | MÉDIA | MÉDIA |

| | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 3,0 km h ⁻¹ | 7,2 b | 0,2 b | 5,7 a | 0,3 b |
| 5,0 km h ⁻¹ | 7,8 a | 1,0 a | 4,5 a | 1,3 a |
| 8,0 km h ⁻¹ | 7,0 b | 0,3 b | 5,3 a | 0,3 b |
| CV (%) | 4,55 | 66,67 | 15,13 | 70,71 |

**Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo dos fatores sistemas de semeadura, velocidade e da interação entre sistemas de semeadura e velocidade, sobre a distribuição de sementes por metro linear. No sistema de semeadura direta, ocorreu distribuição de um número maior de sementes por metro linear, em média 7,7 sementes. Como a semeadora-adubadora foi regulada para distribuir 7,1 sementes por metro linear, no sistema de semeadura direta foi observado um aumento percentual no número de sementes distribuídas por metro linear de 8,45%. No sistema da semeadura direta ocorreu distribuição em média de 7,0 sementes. Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹, observou-se um aumento no número de sementes, aumento percentual de 8,33%. E com o aumento da velocidade de 3,0 para 8,0 km h⁻¹, observou-se uma diminuição no número de sementes.

Observou-se efeito não significativo dos fatores sistemas de semeadura, velocidade e da interação entre sistemas de semeadura e velocidade, sobre o espaçamento entre sementes aceitável. O sistema de semeadura direta apresentou melhor desempenho na regularidade de distribuição das sementes, permitindo que 90% dos espaços estivessem dentro do limite desejável, enquanto que no sistema de semeadura convencional, apenas 81,67% dos valores encontraram-se neste limite. MAHL (2002) encontrou valores de 62,48 e 65,59% de espaçamentos normais para os sistemas de plantio direto e escarificado, respectivamente.

Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹, verificou-se que houve redução no percentual de espaçamentos normais entre sementes, obtendo-se melhor regularidade na distribuição das sementes na velocidade de 3,0 km h⁻¹ com 91,93% de espaçamentos normais. As velocidades não diferiram estatisticamente entre si.

Seria desejável que a ocorrência de espaçamentos múltiplos e falhos fosse nula ou próxima de zero, todavia, diversos fatores de máquina e solo

contribuem para que ocorram irregularidades na distribuição longitudinal de sementes.

Os fatores sistema de semeadura e velocidade e a interação sistema de semeadura e velocidade interferiram no percentual de espaçamentos múltiplos. Na menor velocidade de semeadura obteve-se o menor percentual de espaçamentos múltiplos (3,33%), o qual diferiu estatisticamente da velocidade de 5,0 km h⁻¹ (14,71%). Tal efeito também foi verificado por ANDERSSON (2001) e MAHL (2002), mas divergiram de resultados obtidos por DAMBRÓS (1998). No sistema de semeadura direta obteve-se o maior percentual de espaçamentos múltiplos (13,43%), o qual diferiu estatisticamente do sistema de semeadura convencional (1,67%).

Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹, verificou-se que houve aumento no percentual de espaçamentos múltiplos entre sementes. Na menor velocidade de semeadura obteve-se o menor percentual de espaçamentos múltiplos (3,23%), o qual diferiu estatisticamente da velocidade de 5,0 km h⁻¹ (16,13%).

Os espaçamentos falhos foram influenciados por todos os fatores e pela interação, sendo que no sistema de semeadura convencional houve maior percentual de espaçamentos falhos entre as sementes (16,67%). Tal efeito divergiu de resultados obtidos por MAHL (2002).

Com relação à variação de velocidade, os espaçamentos falhos tiveram o mesmo comportamento estatístico dos múltiplos. Os menores valores de espaçamentos falhos e múltiplos foram encontrados na menor velocidade de deslocamento. Houve mais espaçamentos falhos do que múltiplos. Resultados semelhantes foram obtidos por ARAÚJO et al. (1999), SANTOS et al. (2000), CASÃO JÚNIOR (2000), MAHL et al. (2001) e MAHL (2002).

CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Foi constatado o efeito da velocidade de deslocamento nas variáveis: consumo horário de combustível, consumo específico de combustível, consumo operacional de combustível, potência média de tração na barra, rendimento na barra de tração, capacidade de campo efetiva, eficiência de campo, patinagem dos rodados do trator e distribuição longitudinal de sementes;

- O aumento da velocidade de deslocamento aumentou o consumo horário de combustível, a potência na barra de tração, o rendimento na barra de tração, capacidade de campo efetiva, patinagem dos rodados do trator;

- Porém, diminuiu o consumo específico de combustível, o consumo operacional de combustível, a eficiência de campo;

- As variáveis consumo energético por área trabalhada e força de tração sofreram efeito somente dos sistemas de semeadura (direta e convencional);

- Diferentes velocidades e sistemas de semeadura não alteraram o espaçamento aceitável entre sementes;

- Entre os sistemas de semeadura estudados, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou melhores resultados;

- Entre as velocidades estudadas, a de 8,0 km h⁻¹ foi a que apresentou melhor desempenho.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), por financiar o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, C. Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.66, p.28-32, 2001.
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., SIQUEIRA, R. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.) em solos argilosos. **Engenharia Agrícola**, v.19, n.2, p.226-37, 1999.
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Máquinas para semear. **Cultivar Máquinas**, n.2, p.10-1, 2001a.
- ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: Problemas e soluções. **Informe de Pesquisa do Instituto Agrônomo do Paraná**, n.137, p.1-18, 2001b.
- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation tillage planters, drills and seeders. In: **ASAE Standards 1996: standards engineering practices data**. St. Joseph, p. 309-14, 1996.
- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Agricultural tractor test code**. In: ASAE Standards S209.5. St. Joseph, MI. p. 44-48, 1989.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Rio de Janeiro, RJ). **Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio**. São Paulo, 26 p, 1984.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. Piracicaba: Luis Antonio Balastreire, 322p, 2005.

- BRANQUINHO, K.B.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; GROTTA, D.C.C.; BORSATTO, E.A.D. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cobertura do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.375-379, 2004.
- BUTIERRES, E.; CARO, S. M. Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., 1981, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBEA, v. 3, p. 1161-1168, 1983.
- CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldade para sua adoção. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na palha, p.145-146, 2000.
- CAMILO, A.J.; FERNANDES, H.C.; MODOLO, A.J.; RESENDE, R.C.; Influência de mecanismos rompedores e velocidades de trabalho no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto do feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.3, 203-211, 2004.
- CARDOSO, F. P. **Plantio direto na palha**. São Paulo: Manah, 21p, 1998.
- CASÃO JÚNIOR, R. Avaliação do desempenho de semeadoras de plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na palha, p.127-128.
- CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargil, p.42, 1989.
- COELHO, J. L. D. **Avaliação de elementos sulcadores para semeadorasadubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo de solo**. Dissertação (Mestrado), Campinas, SP, Universidade

Estadual de Campinas, p.78, 1998.

CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; MOLINA, JR., W. F. Trator agrícola equipado alternadamente com pneu radial de baixa pressão e pneu diagonal: desempenho comparativo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.64-70, 1997.

CORTEZ, J. W. **Densidade de semeadura da soja e profundidade de deposição do adubo no sistema plantio direto**. 87f. 2007. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Jaboticabal.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C.EA.; LOPES, A.; SILVA, R.P. Avaliação de uma semeadora-adubadora em sistema de plantio direto para a cultura da soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, 13, n.4, p268-276, 2005.

DALLMEYER, A. U. Equipamentos: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.2, p.6-9, 2001.

DAMBRÓS, R. M. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores**. 86 f. 1998. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p, 1997.

FANCELLI, A. L., FAVARIN, J. L. O Sistema de plantio direto. *In*: Encontro Paulista de Plantio Direto, 1., Piracicaba. **Plantio Direto**. Piracicaba: FEALQ, p.111-117, 1987.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 360 p, 2000.

FORNASIERE FILHO, D. **A cultura do Milho**. Jaboticabal: FUNEP, 273p, 1992.

FORNASIERE FILHO, D. **Manual da cultura do Milho**. Jaboticabal: FUNEP, 574p, 2007.

FREITAS, P. L. São Paulo arranque em plantio direto. **Direto no Cerrado**, Brasília, n.34, p. 11, 2004.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 218 f. 2000. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FURLANI, C. E. A. LOPES, A., ABRAHÃO, F. Z., LEITE, M. A. S. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-86, 1999.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; TIMOSSI, P. C. Manejo de culturas de inverno para a cobertura do solo. **Cultivar Maquinas**, Pelotas, v2, n. 26, p. 27-29, 2003.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN, JÚNIOR, A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.456-462, 2007.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 781-789, 2004.

GALETI, P. A. **Mecanização agrícola: preparo do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, p.220, 1983.

GARCIA, L. C. JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 520-527, 2006.

GU, Y.; KUSHWARA, R. L. Dynamic load distribution and tractive performance of a model tractor. **Journal of Terramechanics**, v.31, n. 1, p.21-39, 1994.

JASPER, R.; JANSZEN, U.; JASPER, M.; GARCIA, L. C. Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 284-291, 2006.

JESUÍNO, P R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP - Botucatu, p.64. 2007. (Dissertação de Mestrado).

JOHNSON, M. D.; LOWERY, B. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 1547-1552, 1985.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3rd ed. Westport: Avi Publishing Co., 527 p, 1982.

KLEIN, V. A.; SIOTA, T. A.; ANESI, A. L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p.75-82, 2002.

KOPPEN, W. **Climatologia com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 478p, 1948.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras:

tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

LANÇAS, K. P.; UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. **Energia na Agricultura**, FCA/UNESP, Botucatu, 33p. 1997. Boletim Técnico nº 1.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Manejo mecânico de aveia preta com rolo faca e triturador de palhas tratorizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD ROM, 2001.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM. 1999.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto.** 160p. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema de plantio direto do milho.** 143p. 2006. Tese. (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAHL, D.; GAMERO, C. A. Consumo no plantio. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 22, p. 18-21, 2003.

MAHL, D.; SANTOS, F. A.; YANO, E. H.; SILVA, P. R. A.; GAMERO, C. A. Influência do aumento da velocidade na operação de semeadura da cultura

do tremoço em sistema plantio direto. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 8., Villa de Merlo. **Anais...** San Luiz, 1 CD-ROM. 2005.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; LEITE, M. A. S.; SILVA, A. R. B.; PONTES, J. R. V.; MARQUES, J. P.; GREGO, C. R.; COSTA, A. M. Distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função da velocidade e mecanismo sulcador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM. 2001.

MANTOVANI, E. C.; MANTOVANI, B. H. M.; Cruz, I.; MEWES, W. L. C.; OLIVEIRA, A. C. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizando em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.93-98. 1999.

MARQUES, J. P. **Efeito dos sistemas de manejo do solo e da cobertura de entressafra na cultura da soja (*Glycine max* L.)**. 224 f. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H.; PONTES, J. R. V. Formação de cobertura morta do solo em plantio direto: efeito residual do manejo da vegetação espontânea e da escarificação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. **Trabalhos publicados...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM. 1999.

MATTAR, D. M. P. **Influência do deslizamento da roda motriz de uma**

semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho. 67f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, E. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.563-567, 2003.

MIALHE, L. G. Ensaio e certificação de tratores. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: Ensaio & certificação**. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.385-462, 1996.

MOHSEIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 734 p, 1974.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento. Capacidade operacional e custom. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais, p.409-436, 2002.

MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: Fundação Cargill, **Plantio Direto no Brasil**, Campinas, p.53-78, 1984.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP - Botucatu, p.69. 2008. (Dissertação de Mestrado).

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.18, p.24-26, 2003.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; BRORING, N.; KITANO, N.; JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo

operacional na operação de semeadura da cultura de aveia preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 1 CD-ROM, 2002.

OLIVEIRA, M. L. **Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal.** 50 p. 1997. Tese (Mestrado em Mecanização Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, M. L.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M.; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1455-1463, 2000.

PHILLIPS, S. H. No tillage: Past, present e future. In: Simpósio Internacional Sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis, 1993 Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, p.9-12, 1993.

PRADO, R. M. NATALE, W. FURLANI, C. E. A. **Manejo mecanizado de atividades para a implantação de culturas.** Jaboticabal: SBEA, 99p, 2002.

REIS, A. V.; ALONÇO, A. S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM, 2001.

RIGHES, A. A, CENTENO, A. S, DALLMEYER, A. U, SILVEIRA, D. R, FARRET, I. S, POZZERA, J, FERREIRA, O. O, CASTRO, P. E, SILVEIRA, T. C. **Semeadura direta: comparação entre diferentes mecanismos sulcadores.** São Paulo, 33p. 1990. (monografia).

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. ; BENSON, G. O. Como a planta de milho se

desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**, São Paulo, n.15, p.1-20, 2003.

RODRIGUES, J. C. **Manejo de plantas daninhas no cultivo da soja em sistemas de plantio direto sobre palhada de milho em Campos dos Goytacazes**, RJ. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, p.131, 2004.

SADE, M. Breve histórico do sistema de plantio direto na palha no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na palha, p.15-18, 2000.

SANTOS, S. R.; WEIRICH NETO, P. H.; FEY, E.; CAUSS, S. Distribuição de plantas de milho (*Zea mays* L.) em diferentes velocidades de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM, 2000.

SATURNINO, H. M. Evolução do Plantio direto e as perspectivas nos cerrados. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p.5-12, 2001.

SATURNINO, H. M., LANDERS, J. **O meio ambiente e o plantio direto**. (Ed.), Brasília: EMBRAPA-SPI, p.116, 1997.

SILVA, M. C. **Desempenho operacional de semeadora-adubadora de precisão em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento na cultura do milho**. 81f. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu.

SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 123 f. 2000. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas,

Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator**. Viçosa: Aprenda Fácil, v.1, p.312, 2001.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo de solo, sementeira e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.220-224, 2006.

SILVEIRA, J. C. M.; GABRIEL, F. A.; SECCO, D. Demanda de potência e força de tração de uma sementeira na implantação do milho safrinha sob plantio direto. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p. 256-267, 2005.

SIQUEIRA, R.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H.; GABRIEL, F. A. Desempenho energético de sementeiras-adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (*Glycine max* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM, 2001.

VALE, W. G. **Análise de desempenho de uma sementeira-adubadora de sementeira direta no norte fluminense**. 88f. 2007. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT, J. T. L.; AMIM, R. T.; TOURINO, C. C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma sementeira-adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.4, p.441-448, 2008.

VIEIRA, L. B.; REIS, E. F. Máquinas para o plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p. 44-54, 2001.

ANÁLISE DO CUSTO OPERACIONAL DOS CONJUNTOS TRATOR E ROÇADORA, TRATOR E GRADE DE DISCOS E TRATOR E SEMEADORA-ADUBADORA

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar o custo operacional das operações de roçagem, aração e semeadura (sistema convencional e direto), utilizando-se os dados das avaliações dos conjuntos: trator e roçadora, trator e grade de discos e trator e semeadora-adubadora. Aplicou-se o método da linha reta, pelo qual é possível determinar o valor da depreciação de máquinas e implementos. A análise dos resultados obtidos permitiu concluir que dentre os custos operacionais as despesas com salário do operador e combustível são as mais elevadas em todas as operações analisadas. A semeadura foi a operação agrícola que apresentou o custo mais elevado, dentre todas as demais. Dentre os custos operacionais com a implantação da cultura do milho, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou o custo mais elevado. O aumento da velocidade de deslocamento diminuiu o custo operacional.

Palavras-chave: custos, análise econômica, preparo de solo.

OPERATING COST ANALYSIS OF TRACTOR AND MOWER, TRACTOR AND DISK HARROW AND TRACTOR AND FERTILIZER-SEEDER SYSTEMS

ABSTRACT

This study aimed to determine the operational cost of the operations of mowing, plowing and sowing (conventional and direct), using evaluation data sets: tractor and mower, tractor and disk harrow and tractor and fertilizer-seeder. It was applied the straight-line method, by which it is possible to determine the amount of depreciation of machinery. The results obtained allowed to conclude that among the operating costs the salary costs of the operator and fuel are the highest are the highest in all operations examined. The seeding was the operation that had the highest cost among all operations. Among the operating costs with the introduction of corn, the conventional tillage system was the one with the highest cost. The increase in forward speed decreased operating cost.

Keywords: costs, economic analysis, soil preparation.

INTRODUÇÃO

A intensificação do uso da mecanização na agricultura vem exigindo novos investimentos em máquinas com maior potência e tecnologia incorporada para atender às diversas demandas das atividades agrícolas. Do ponto de vista da empresa, à medida que o número, o tamanho e a complexidade das máquinas aumentam, mais importante se torna o impacto do gerenciamento desse sistema sobre a rentabilidade do negócio. A otimização do desempenho dos sistemas mecanizados passa necessariamente por questões que requerem um adequado entendimento das relações existentes entre os aspectos técnicos e econômicos da mecanização (OLIVEIRA, 2000).

No caso de máquinas e implementos agrícolas, o acompanhamento sistemático do desempenho e os cálculos dos custos operacionais, ao longo da vida útil, são fatores fundamentais para o seu uso racional. A seleção correta de um trator, implica na análise detalhada de uma série de aspectos de natureza técnica, administrativa, organizacional e econômica.

A atividade agrícola é cada vez mais associada à tecnologia aplicada à maquinaria tanto para o aumento da produção como para redução de custos. Diante disto, há necessidade de se gerenciar os custos da atividade agrícola. As decisões a serem tomadas para a racionalização econômica da máquina agrícola tornam-se cada vez mais difíceis, e a maquinaria representa um significativo investimento na produção agrícola, tendo importância apenas menor que a propriedade da terra (CROSS & PERRY, 1995).

O cálculo do custo operacional ao longo da vida útil torna-se fundamental para o uso racional do trator agrícola. Para a determinação do custo operacional deve-se calcular o custo horário total, que depende da estimativa dos custos fixos e variáveis. Na estimativa do custo fixo a depreciação é um dos componentes mais importantes (COSENTINO, 2004).

Este trabalho teve como objetivo determinar o custo operacional das operações de roçagem, aração e semeadura no sistema convencional e direta, utilizando-se os dados das avaliações dos conjuntos trator-roçadora, trator-grade aradora e trator-semeadora-adubadora.

REVISÃO DE LITERATURA

Custo do uso de máquinas agrícolas

BALASTREIRE (2005) relata que independentemente do tamanho da empresa, no sistema capitalista, o objetivo da organização é o lucro e que este por sua definição primordial é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando, assim, a grande influência dos custos na lucratividade da empresa.

Segundo OLIVEIRA (2000), quanto maior a necessidade de máquinas na realização de dada atividade mais complexa à sua administração é mais importante o gerenciamento dessas atividades mecanizadas sobre a rentabilidade do processo. De acordo com a autora para a melhoria do desempenho das atividades mecanizadas é necessário um adequado conhecimento de engenharia e economia para que os custos sejam compatíveis com a realização da atividade.

O custo total do uso das máquinas agrícolas, segundo BALASTREIRE (2005), é dado por duas componentes principais: custo fixo e custo operacional, sendo o primeiro componente aquele que é contabilizado independentemente do uso da máquina, representado pelos gastos com depreciação, juros, alojamento e seguro, já o segundo é aquele componente que varia de acordo com o uso, ou seja, os gastos com combustíveis, lubrificantes, manutenção e salários.

ALCOCK (1986) atribuiu considerável redução de custos das culturas agrícolas ao gerenciamento da maquinaria, afirmou através de uma coletânea de trabalhos que cerca de 30% dos custos das culturas podem ser atribuídos ao custo com máquinas.

Os modelos que subsidiam as tomadas de decisão quanto ao dimensionamento de sistemas mecanizados são baseados nos custos do emprego de máquinas agrícolas. Portanto, uma estimativa adequada destes custos é fundamental para assegurar a competitividade da empresa agrícola (SILVA, 2000).

EDWARDS (2001) demonstra que os portes das máquinas influenciam nos custos totais da mecanização (Figura 1). Este autor evidencia que os custos fixos e os custos com pontualidade são os que mais influenciam na composição dos custos totais. Para os equipamentos de menor porte os custos fixos são menores, devido a menor depreciação, menores juros, menores custos com manutenção, incidentes, porém com custos de pontualidade maiores em virtude de atrasos em plantio e colheita principalmente. Já nos equipamentos de maior porte ocorre o inverso onde os custos fixos são maiores e os custos com pontualidade menores.

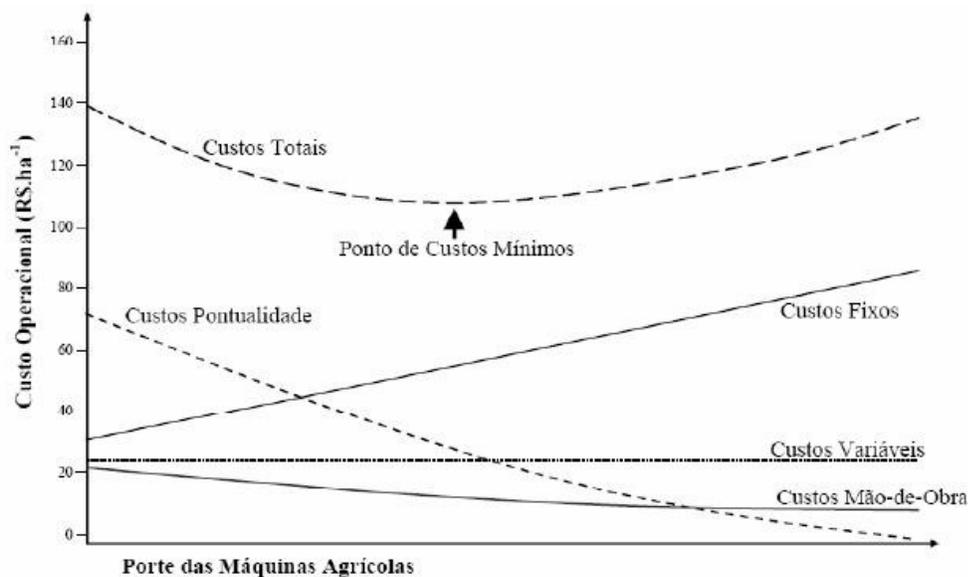


Figura 2 – Influência do porte das máquinas nos custos totais da manutenção (EDWARDS, 2001).

MIRANI et al. (1989) determinaram a participação relativa de cada componente do custo total de duas marcas e modelos de tratores agrícolas. Os resultados são apresentados na Figura 2.

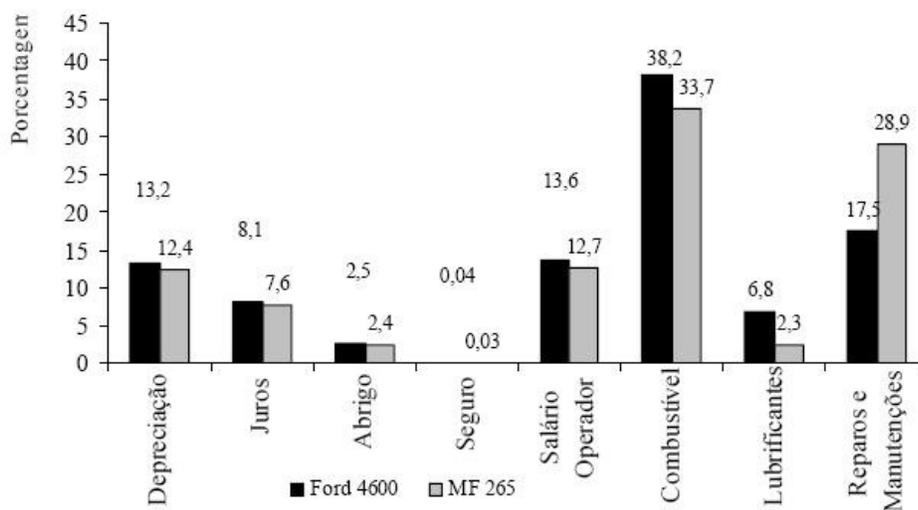


Figura 3 – Participação relativa dos componentes no custo total de tratores agrícolas.

A depreciação pode ser dividida em depreciação contábil a diminuição de valores contábeis no intervalo de tempo contido entre a data da aquisição do bem e a data do cálculo da depreciação, enquanto a segunda é a diminuição do valor provocada pelo desgaste, ação das forças da natureza ou obsolescência (HIRSCHFEKD, 1992).

Mais especificamente quanto aos custos com abrigo, BALASTREIRE (2005) afirma que as construções utilizadas como alojamentos não seguem um padrão específico, o que dificulta a mensuração destes custos.

O seguro é uma proteção contra riscos, desde acidentes naturais até roubos e incêndios, e deve ser inserido nos custos totais, mesmo que o proprietário não opte por fazê-lo, pois este custo deve compensar a exposição aos riscos. Os custos com seguro são mensurados como uma porcentagem do valor de aquisição da máquina, que normalmente varia entre 0,75 a 1% do valor de aquisição (MIALHE, 1974).

MIALHE (1974) afirma que o salário dos operadores deve ser inserido no custo da máquina agrícola e precisa ser compatível com os salários praticados na região agrícola. Afirma ainda, que mesmo que o proprietário da máquina seja o operador, deve-se incluir uma remuneração a este trabalho a fim de contrabalançar o custo de oportunidade.

Para NORONHA (1981) a obsolescência e o desgaste também são responsáveis pela depreciação, porém este autor afirma que a depreciação é uma forma de reservar fundos para substituir os bens produtivos de vida útil longa.

A vida útil ou tempo de uso econômico por sua vez, é aquele tempo inserido entre a aquisição do equipamento e seu sucateamento, segundo MIALHE (1974).

NORONHA et al. (1991) relatam que o conceito de vida útil tem sido negligenciado por muitos autores que consideram como vida útil de um equipamento dez anos ou dez mil horas de trabalho, nos dois casos desconsiderando inovações. Os autores afirmam que a vida útil não deve ser aquela definida pelo tempo em que a máquina encontra-se em funcionamento, mas sim o tempo compreendido entre a aquisição e o surgimento de uma nova máquina capaz de realizar a mesma operação, com qualidade semelhante e custo inferior.

Os métodos mais utilizados para calcular a depreciação são: linha reta ou linear, saldos decrescentes, somas dos dígitos dos anos, fundo de recuperação de capital e valor de mercado (NORONHA et al., 1991).

Para manter a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos são necessários dispêndios econômicos com reparos e manutenções, sem almejar acréscimos no valor na revenda (TEIXEIRA, 1995).

Para que a confiabilidade seja mantida, os procedimentos de conservação são fundamentais, sendo que os gastos com abrigo, serviços de apoio no campo, reposição de peças, lubrificantes, serviços mecânicos dentre outros são os mais pronunciados, atingindo até 20% do custo horário dos tratores agrícolas (NORONHA et al., 1991).

Para ALCOCK (1986), a gerência da maquinaria agrícola é responsável por uma substancial parcela dos custos da produção agrícola e aponta que em alguns casos pode representar até 30% do custo total da cultura.

ASAE (1989) relata uma grande variabilidade entre os custos de reparos e manutenção obtidos nos estados americanos, afirma que para o meio oeste, os índices aplicados são de 120% do preço de aquisição para tratores 4x2, com 10.000 horas de uso acumulado e 100% para tratores 4x4 para 10.000 horas de uso.

O consumo de combustível é de difícil avaliação devido às diferentes cargas durante a operação (MIALHE, 1974), ocasionadas pelas diferenças de ambientes de produção representadas principalmente por diferentes tipos de solos, porém há uma estreita relação entre dados de consumo a campo e nos ensaios de tração.

MATERIAL E MÉTODOS

Custos associados a sistemas mecanizados

Os custos dos sistemas mecanizados foram calculados relacionando-se o desempenho operacional e econômico de acordo com a metodologia proposta por MIALHE (1974), SAAD (1976) e BALASTREIRE (2005).

Custo operacional

O custo operacional é definido como a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e sua capacidade de trabalho e é definido pela Equação 1.

$$C_{op} = \frac{CH}{C_{co}} \quad \text{eq.1}$$

em que:

C_{op} = custo operacional, R\$ ha⁻¹;

CH = custo horário das máquinas agrícolas, R\$ h⁻¹; e

C_{co} = capacidade de campo operacional das máquinas, ha h⁻¹.

Custo horário total

O custo horário total por unidade é dividido em: custos fixos (C_f) e custos variáveis (C_v).

Os custos fixos são aqueles que, geralmente, não são diretamente relacionados com a quantidade de uso.

Neste item, acham-se incluídos a depreciação, alojamento, custo de oportunidade e seguros.

O custo horário total foi calculado pela Equação 2.

$$CH = C_f + C_v \quad \text{eq.2}$$

em que:

C_f = custos fixos, R\$ ha⁻¹; e

CH = custos variáveis, R\$ h⁻¹.

Custos fixos

Desse modo, o valor dos custos fixos é obtido pela soma dos valores calculados de: depreciação, alojamento, custo de oportunidade e seguro. Os custos fixos foram calculados pela Equação 3.

$$C_f = D + A_{ij} + O + S_{eg} \quad \text{eq.3}$$

em que:

D = depreciação, R\$ h⁻¹;

A_{ij} = alojamento, R\$ h⁻¹;

O = custo de oportunidade, R\$ h⁻¹; e

S_{eg} = seguros, R\$ h⁻¹.

Depreciação

A depreciação das máquinas agrícolas foi calculada usando o método da linha reta (BALASTREIRE, 2005). O método da linha reta é de utilização simplificada, não requer elaborados cálculos de matemática financeira e resulta em uma depreciação anual constante durante a vida útil da máquina. O valor de sucata é determinado nesse método, geralmente, em 10% do preço de aquisição da máquina (BALASTREIRE, 2005). A depreciação foi calculada utilizando-se a Equação 4.

$$D = \frac{C_i - V_s}{T} \quad \text{eq.4}$$

em que:

C_i = custo inicial da máquina agrícola, R\$;

V_s = valor de sucata ou revenda, R\$; e

T = tempo de serviço ou vida útil, h.

Alojamento

O custo com alojamento pode variar com a região, local, tipo de construção e tamanho do galpão, o que se faz, para a simplificação deste cálculo é considerar como cota anual a taxa de 1 a 2% do capital inicial. O custo com alojamento foi calculado utilizando-se a Equação 5.

$$A_{ij} = \frac{C_i \times i}{t} \quad \text{eq.5}$$

em que:

i = 1,5% do capital inicial, %; e

t = tempo de serviço por ano, h.

Custo de oportunidade

Para o cálculo do custo de oportunidade, o processo mais utilizado é o de juros sobre o capital inicial médio, isto porque, o juro cobrado eventualmente reverte à própria empresa ou ao proprietário. Assim, considera-se o capital médio rendendo ao ano uma taxa de $i_{aa}\%$, que deverá ser distribuído pelo número de horas de utilização da máquina por ano. O valor teórico aconselhável nos cálculos do custo de oportunidade é de 1.000 horas de trabalho por ano, embora na prática possa variar de 500 a 1.000 horas, chegando às vezes a ultrapassá-lo. Os juros foram calculados utilizando-se a Equação 6.

$$O = \frac{C_m \times i_{aa}}{t} \quad \text{eq.6}$$

em que:

C_m = capital médio, R\$; e

i_{aa} = 8,75 taxa de juro ao ano, %.

O capital médio foi calculado pela Equação 7.

$$C_m = \frac{C_i + V_s}{2} \quad \text{eq.7}$$

Seguro

O capital utilizado na aquisição da máquina deve ser protegido, prevendo-se a sua restituição total, com a possível perda da máquina através de incêndios, acidentes ou outras causas quaisquer.

Esta proteção é dada pelo seguro da máquina, que representa a cota de seguros, a qual é calculada na base de 1 a 2% do capital assegurado, o qual deverá ser distribuído pelo número de horas de uso por ano. O seu cálculo será obrigatório quando a máquina for adquirida por financiamento, uma vez que, o seguro será obrigatório. O custo com seguro foi calculado utilizando-se a Equação 8.

$$S_{eg} = \frac{C_i \times i}{t} \quad \text{eq.8}$$

em que:

i = 1,5% do capital inicial, %.

Custos variáveis

Os custos variáveis estarão na dependência do funcionamento da máquina e corresponde aos gastos com combustível, lubrificante, material de substituição periódica, reparações e salário do operador da máquina.

Desse modo, o valor dos custos variáveis é obtido pela soma dos valores calculados de depreciação, alojamento, juros e seguro. Os custos variáveis foram calculados pela Equação 9.

$$C_v = C_{\text{comb}} + C_{\text{lub}} + C_{\text{RM}} + C_{\text{Trat}} \quad \text{eq.9}$$

em que:

- C_{comb} = custo com gasto de combustível, R\$ h⁻¹;
- C_{lub} = custo com gasto de lubrificantes, R\$ h⁻¹;
- C_{RM} = custo com reparos e manutenção, R\$ h⁻¹; e
- C_{Trat} = custo com operador, R\$ h⁻¹;

Custo com combustível

O custo com o gasto de combustível foi calculado pela Equação 10.

$$C_{\text{comb}} = Ch \times V_L \quad \text{eq.10}$$

em que:

- C_{comb} = custo com gasto de combustível, R\$ h⁻¹;
- Ch = consumo horário de combustível, L h⁻¹; e
- V_L = valor do litro de combustível, R\$.

Os gastos com combustível podem ser obtidos através do fabricante da máquina ou nos manuais técnicos.

O cálculo do consumo horário foi feito de acordo com a Equação 11.

$$Ch = \frac{v}{t_p} \times 3,6 \quad \text{eq.11}$$

em que:

- v = volume consumido, mL;
- t_p = tempo de percurso na parcela, s; e
- 3,6 = fator de conversão.

Custos com lubrificantes

O valor dos gastos com lubrificantes, é obtido através da folha de manutenção da máquina, de onde se calcula os gastos em cada período de troca (número de horas) dos diversos pontos que necessitam de lubrificação periódica e constante.

Nos pontos onde não se tem o volume, mas a massa como no caso da graxa, determina-se esta massa como o consumo de graxa em uma lubrificação completa, sendo o cálculo feito por hora.

Os cálculos de consumo de lubrificantes podem ser divididos em óleo do cárter, óleo da transmissão final, caixa de câmbio e diferencial, e sistema hidráulico.

No entanto, outros, calculam os gastos em lubrificantes, como sendo de 20% do valor dos gastos em combustíveis por hora ou ano (para máquinas motoras).

O custo com o gasto de lubrificante foi calculado pela Equação 12, considerando 20% do valor dos gastos em combustível.

$$C_{\text{lub}} = Ch \times 0,2 \quad \text{eq.12}$$

Custos com reparos e manutenção

No trator, existem certas peças ou órgãos que devem ser substituídas periodicamente, as quais não fazem parte do se que chama de reparação.

Estas peças necessitam ser consideradas sob cálculos exatos, pois, seu valor irá influir no custo operacional do trator. Neste grupo observam-se as trocas de filtros de combustíveis e lubrificantes, e etc., peças estas que serão substituídas em determinado número de horas de uso, de acordo com a recomendação do fabricante da máquina.

A determinação do seu custo/hora é feito, considerando-se o preço das mesmas e dividindo-se pelo número de horas indicados para a troca ou substituição.

Dentre as despesas de manutenção que devem ser computadas, para o cálculo do custo de operação de máquinas agrícolas, encontram-se aquelas realizadas para a manutenção preventiva e corretiva.

No entanto, outros, calculam os gastos com reparo e manutenção, como sendo de 10% do seu custo inicial.

O custo com reparo e manutenção foi calculado pela Equação 13 (BALASTREIRE, 2005).

$$C_{RM} = \frac{R \times C_i}{T} \quad \text{eq.13}$$

em que:

R = custos de reparos e manutenção, %.

O cálculo dos custos de reparos e manutenção, como porcentagem do custo inicial, para os tratores foi calculado pela Equação 14.

$$R = 0,024 \times \left(\frac{T}{1000} \right)^{1,5} \quad \text{eq.14}$$

O cálculo dos custos de reparos e manutenção, como porcentagem do custo inicial, para as roçadoras foi calculado pela Equação 15.

$$R = 0,23 \times \left(\frac{T}{1000} \right)^{1,4} \quad \text{eq.15}$$

O cálculo dos custos de reparos e manutenção, como porcentagem do custo inicial, para as grades aradoras foi calculado pela Equação 16.

$$R = 0,36 \times \left(\frac{T}{1000} \right)^{1,3} \quad \text{eq .16}$$

O cálculo dos custos de reparos e manutenção, como porcentagem do custo inicial, para semeadoras-adubadoras foi calculado pela Equação 17.

$$R = 0,78 \times \left(\frac{T}{1000} \right)^{1,4} \quad \text{eq .17}$$

Custo com o operador

O salário do operador varia de região para região. Geralmente o salário corresponde a 1,5 vezes o salário mínimo da região mais 20% de previdência social. O seu valor será estabelecido, dividindo-se o seu salário anual, por 1.000 horas, para efeito de cálculo do custo/horário.

O custo com o operador foi calculado pela Equação 18.

$$C_{\text{Trat}} = \frac{(SM + ETS) \times 12 + EXTRAS}{t} \quad \text{eq .18}$$

em que:

- SM = salário mínimo, R\$;
- ETS = encargos trabalhistas e sociais mensais, R\$;
- EXTRAS = gratificações, 13º salário, participações e etc; e
- t = horas de trabalho por ano, horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trator, a roçadora, a grade aradora e a semeadora-adubadora e seus respectivos valores de aquisição, à vista, foram fornecidos por seus fabricantes revendedores, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Valor de aquisição das máquinas

| Máquinas e Implementos | Valor de Aquisição (R\$) | Valor de Aquisição (US\$) |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Trator John Deere 5705 4x2 TDA | 85.000,00 | 49.970,61 |
| Roçadora Lavrale AT-8180 ER | 6.500,00 | 3.821,28 |
| Grade Aradora Baldan CRI 14 x 28" | 14.850,00 | 8.730,16 |
| Semeadora-Adubadora MAX PCR 2226 | 23.500,00 | 13.815,40 |

(US\$ 1,00 = R\$ 1,701 - <http://economia.uol.com.br/cotações/> - 13/12/2010)

Com base nos valores de aquisição à vista das máquinas e do implemento, nos valores obtidos no campo de consumo horário de combustível e da capacidade de campo efetiva determinada, efetuou-se os cálculos de análise de custos, obedecendo às metodologias propostas por MIALHE (1974), SAAD (1976) e BALASTREIRE (2005). O valor do preço do diesel foi pesquisado em 44 postos de combustível (Figura 3), localizados em diversos pontos da cidade de Campos dos Goytacazes/RJ.

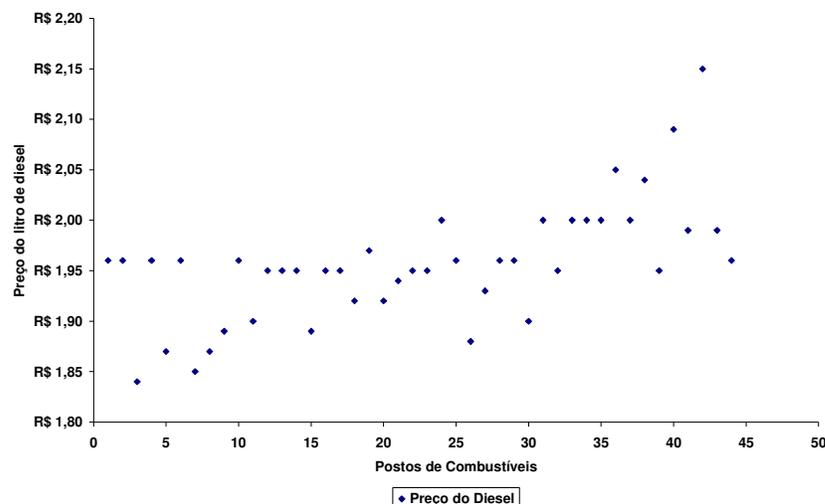


Figura 3 – Valor do litro de diesel na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ. Pesquisa realizada em 23/10/2010.

Em uma análise rápida nos valores do litro de diesel pesquisados pode-se observar o menor valor (R\$ 1,84) e o maior (R\$ 2,15), uma diferença percentual de 16,85% de um ponto de venda e outro. Em média o valor do litro de diesel foi de R\$ 1,96.

O Quadro 2 apresenta o custo total efetivo estimado para a operação de roçagem. É importante ressaltar que o consumo horário de combustível durante o trabalho de roçagem foi em média de 8,48 L h⁻¹. A capacidade de campo efetiva do conjunto foi em média de 1,03 ha h⁻¹, a qual proporcionou uma eficiência de campo em média de 75%.

Quadro 2 – Custo fixo, variável, total e operacional do trabalho de roçagem.

| Máquinas e Implementos | Tipo de Custos | (R\$ h ⁻¹) | (R\$ ha ⁻¹) |
|--------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|
| Trator John Deere 5705 4x2 TDA | Fixos | 14,29 | |
| | Variáveis | 45,76 | |
| | Subtotal | 60,05 | |
| Roçadora Lavrale AT-8180 ER | Fixos | 5,35 | |
| | Variáveis | 2,63 | |
| | Subtotal | 7,98 | |
| Conjunto | Total | 68,03 | 66,04 |

A Figura 4 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário do trator durante a operação de roçagem.

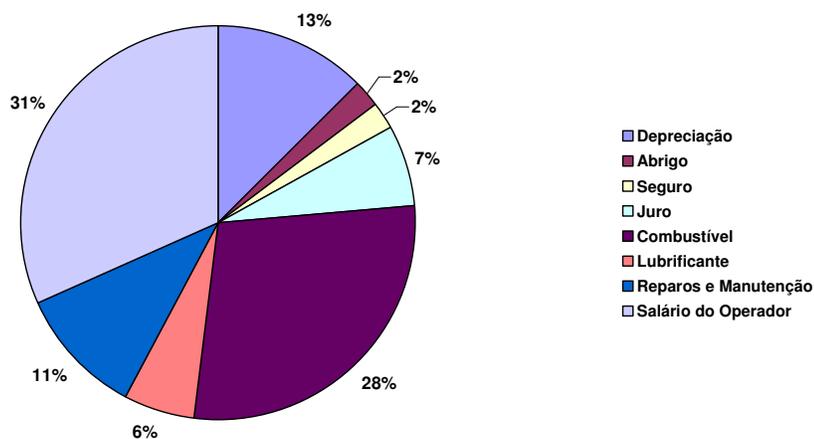


Figura 4 – Participação relativa dos componentes no custo total do trator John Deere 5705 4x2 TDA na operação de roçagem com a roçadora Lavrale AT-8180 ER.

Observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário do trator é o salário do operador, que representa 31% do custo total. Em seguida, o combustível e a depreciação, que representam, 28 e 13% do custo total, respectivamente.

A Figura 5 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário da roçadora.

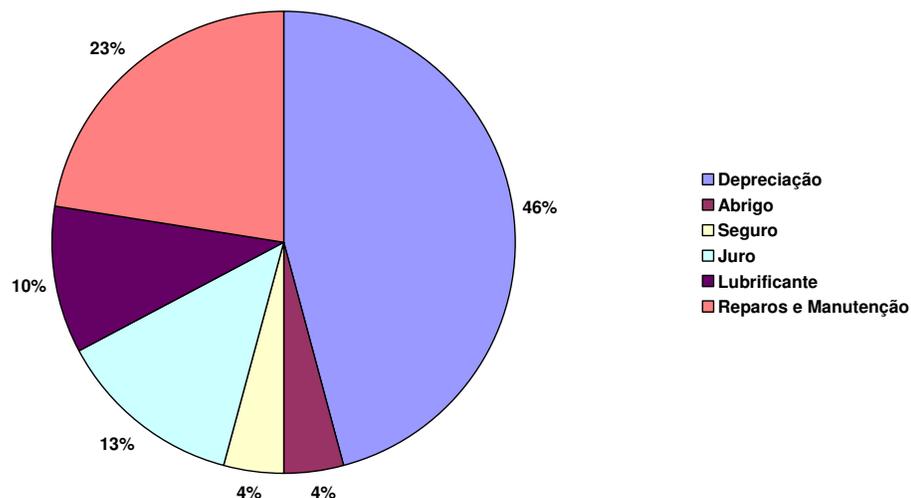


Figura 5 – Participação relativa dos componentes no custo horário da roçadora Lavrale AT-8180 ER.

Na Figura 5, observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário da roçadora é a depreciação, que representa 46% do custo total. Em seguida, os reparos e manutenção e o juro, que representam, 23 e 13% do custo total, respectivamente.

O Quadro 3 apresenta o custo total efetivo estimado para a operação de aração, realizado com grade aradora. O consumo horário de combustível durante o trabalho de aração foi em média de 8,60 L h⁻¹. A capacidade de campo efetiva do conjunto foi em média de 0,95 ha h⁻¹, a qual proporcionou uma eficiência de campo em média de 72,17%.

Quadro 3 – Custo fixo, variável e total do trabalho de aração.

| Máquinas | Tipo de Custos | (R\$ h ⁻¹) | (R\$ ha ⁻¹) |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|
| Trator John Deere 5705 4x2 TDA | Fixos | 14,29 | |
| | Variáveis | 46,05 | |
| | Subtotal | 60,34 | |
| Grade Aradora Baldan CRI 14 x 28" | Fixos | 11,15 | |
| | Variáveis | 7,87 | |

| | | | |
|----------|----------|-------|-------|
| | Subtotal | 19,02 | |
| Conjunto | Total | 79,36 | 83,53 |

A Figura 6 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário do trator durante a operação de aração.

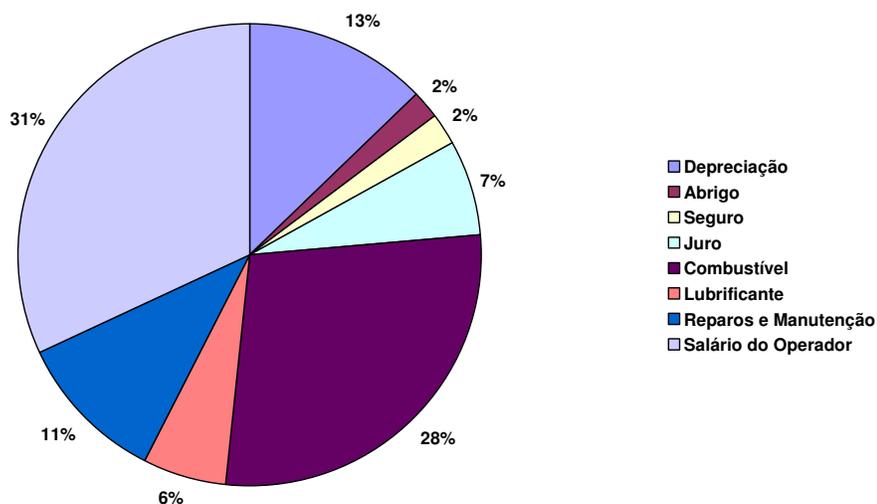


Figura 6 – Participação relativa dos componentes no custo horário total do trator John Deere 5705 4x2 TDA na operação de aração com a grade aradora Baldan CRI 14x28”.

Na Figura 6, observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário do trator é o salário do operador, que representa 31% do custo total. Em seguida, o combustível e a depreciação, que representam, 28 e 13% do custo total, respectivamente.

A Figura 7 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário da grade aradora.

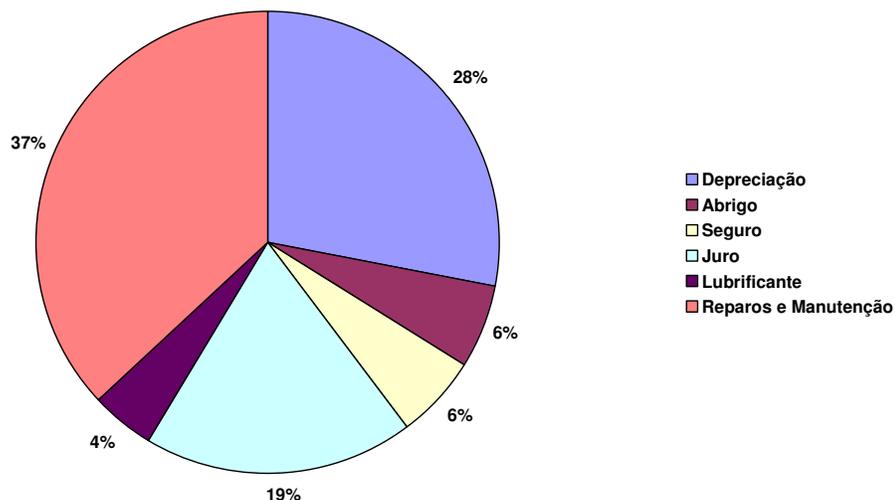


Figura 7 – Participação relativa dos componentes no custo horário da grade aradora Baldan CRI 14x28”.

Na Figura 7 observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário da grade aradora é o reparo e manutenção, que representa 37% do custo total. Em seguida, a depreciação e o juro, que representam, 28 e 19% do custo total, respectivamente.

O Quadro 4 apresenta o custo total efetivo estimado para a operação de semeadura do milho, no sistema de semeadura convencional, realizado com três velocidades diferentes. O consumo horário de combustível aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora. Com isso o custo total horário da operação de semeadura também aumentou com o aumento da velocidade. O maior custo total horário foi observado na maior velocidade de deslocamento ($8,0 \text{ km h}^{-1}$).

Quadro 4 – Custo fixo, variável, total e operacional do trabalho de semeadura no sistema convencional.

| Máquinas | Tipo de Custos | 3,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) | 5,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) | 8,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) |
|-------------------------------------|----------------|--|--|--|
| Trator John Deere 5705 4x2 TDA | Fixos | 14,29 | 14,29 | 14,29 |
| | Variáveis | 39,90 | 43,68 | 44,63 |
| | Subtotal | 54,19 | 57,97 | 58,92 |
| Semeadora-Adubadora MAX PCR 2226 | Fixos | 39,51 | 39,51 | 39,51 |
| | Variáveis | 19,16 | 19,16 | 19,16 |
| | Subtotal | 58,67 | 58,67 | 58,67 |
| Conjunto | Total | 112,86 | 116,64 | 117,59 |
| | Operacional | 250,00* | 157,62* | 115,28* |

*(R\$ ha⁻¹)

O Quadro 5 apresenta o custo total efetivo estimado para a operação de semeadura do milho, no sistema de semeadura direta, realizado com três velocidades diferentes. O consumo horário de combustível aumentou com o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora. Com isso o custo total horário da operação de semeadura também aumentou com o aumento da velocidade. O maior custo total horário foi observado na maior velocidade de deslocamento (8,0 km h⁻¹).

Quadro 5 – Custo fixo, variável, total e operacional do trabalho de semeadura no sistema direta.

| Máquinas | Tipo de Custos | 3,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) | 5,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) | 8,0 km h ⁻¹ (R\$ h ⁻¹) |
|-------------------------------------|----------------|--|--|--|
| Trator John Deere 5705 4x2 TDA | Fixos | 14,29 | 14,29 | 14,29 |
| | Variáveis | 41,32 | 45,27 | 46,99 |
| | Subtotal | 55,61 | 59,56 | 61,28 |
| Semeadora-Adubadora MAX PCR 2226 | Fixos | 39,51 | 39,51 | 39,51 |
| | Variáveis | 19,16 | 19,16 | 19,16 |
| | Subtotal | 58,67 | 58,67 | 58,67 |
| Conjunto | Total | 114,28 | 118,23 | 119,95 |

| | Operacional | 253,95* | 159,77* | 117,59* |
|--------------------------|-------------|---------|---------|---------|
| *(R\$ ha ⁻¹) | | | | |

A Figura 8 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário do trator durante a operação de semeadura.

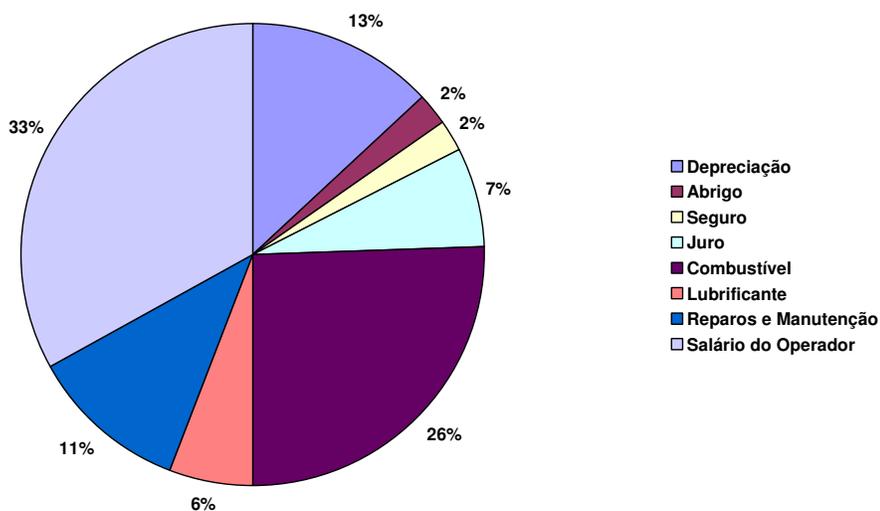


Figura 8 – Participação relativa dos componentes no custo horário total do trator John Deere 5705 4x2 TDA na operação de semeadura com semeadora-adubadora MAX PCR 2226.

A Figura 8 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário do trator durante a operação de semeadura. Observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário do trator é o salário do operador, que representa 33% do custo total. Em seguida, o combustível e a depreciação, que representam, 26 e 13% do custo total, respectivamente.

A Figura 9 apresenta a participação relativa de cada componente do custo total horário da semeadora-adubadora.

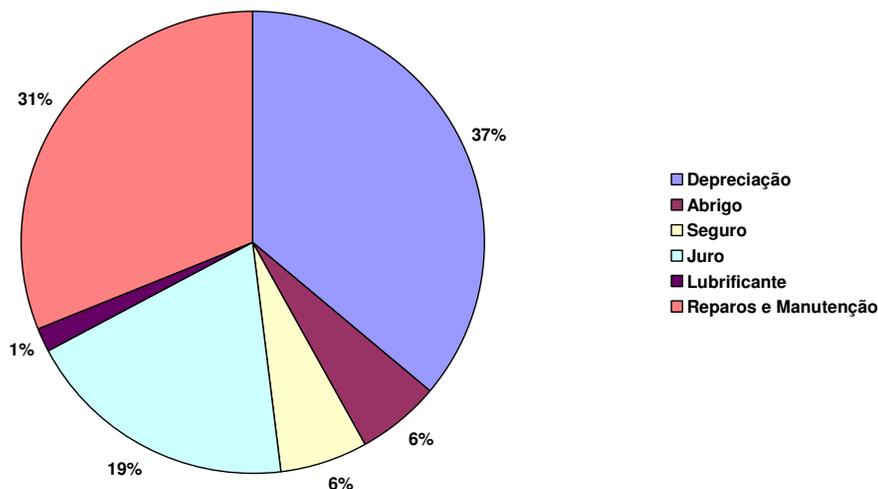


Figura 9 – Participação relativa dos componentes no custo horário da semeadora-adubadora MAX PCR 2226.

Na Figura 9 observa-se que o componente que possui a maior participação relativa no custo total horário da semeadora-adubadora é depreciação, que representa 37% do custo total. Em seguida, o reparo e manutenção e o juro, que representam, 31 e 19% do custo total, respectivamente.

Na Figura 10 são apresentados o custo total horário das máquinas (trator, grade aradora e semeadora-adubadora) e do implemento (roçadora). Observa-se que o custo total horário da semeadura, na semeadura direta (SD) foi maior que na semeadura convencional (SC), nas velocidades de 5,0 e 8,0 km h⁻¹.

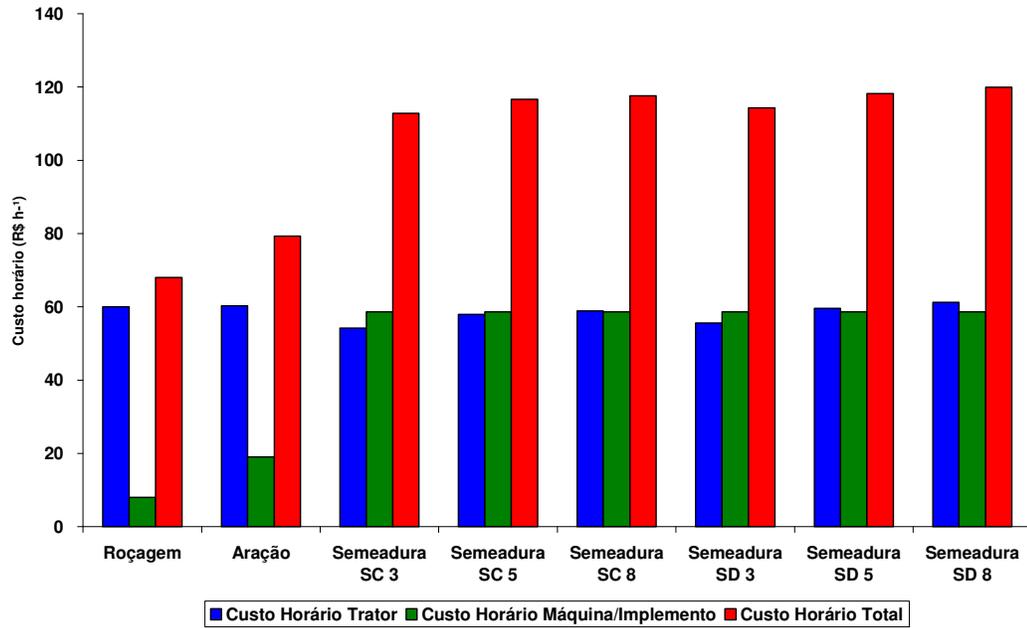


Figura 10 – Custo horário das máquinas e implemento.

Pode-se observar, na Figura 11, que o custo operacional de aração foi maior que o de roçagem, e o de semeadura foi maior que o de aração em todas as situações.

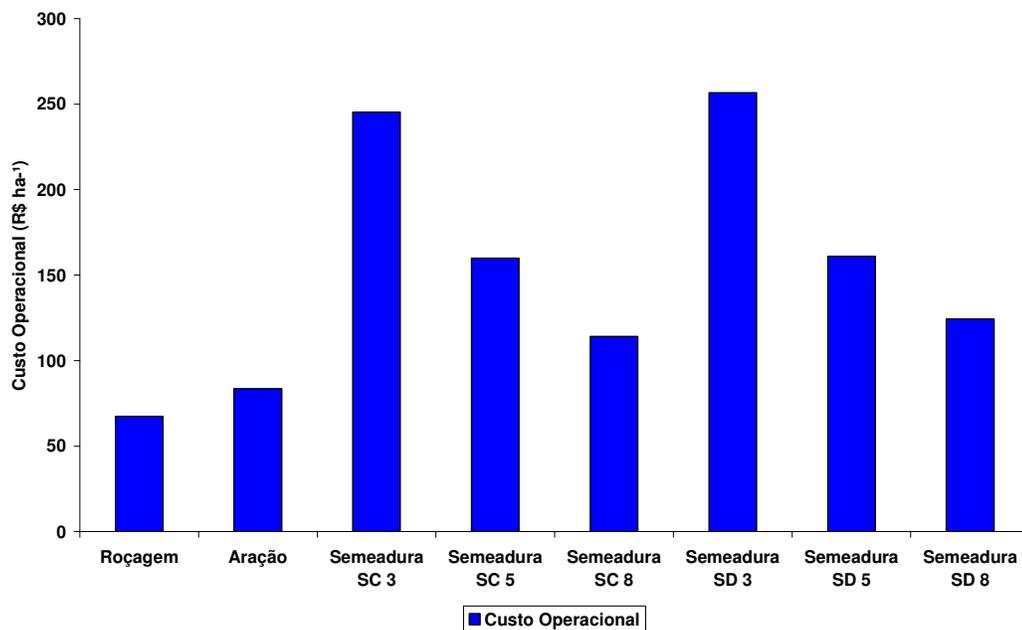


Figura 11 – Custo operacional do trabalho de roçagem, aração e semeadura no sistema convencional e direto.

Nos dois sistemas de semeadura com o aumento da velocidade de deslocamento, houve um decréscimo no custo operacional.

O custo operacional diminuiu com o aumento da velocidade de deslocamento. Com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹, houve um decréscimo de 53,55% no custo operacional. E com o aumento da velocidade de 3,0 para 8,0 km h⁻¹, houve um decréscimo de 114,91% no custo operacional.

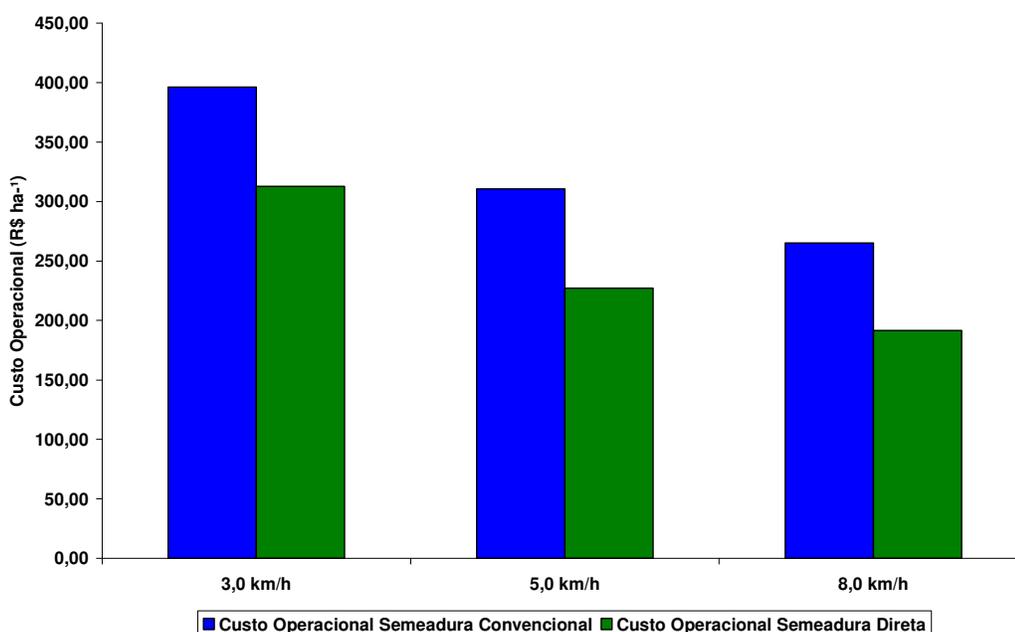


Figura 12 – Custo operacional do trabalho de semeadura convencional e direta do milho, nas diferentes velocidades de deslocamento.

Pode-se observar, na Figura 12, que o custo operacional da semeadura do milho no sistema convencional foi maior que no sistema direto. Isso pode ser explicado, no custo operacional na semeadura convencional onde são computados o custo operacional do trabalho de roçagem da área, o custo operacional do trabalho de aração e mais o custo operacional do trabalho de semeadura. No custo operacional na semeadura direta, não é computado o custo com o trabalho de aração, fato esse que o faz ser menor.

Com o aumento da velocidade de deslocamento, houve um decréscimo no custo operacional em todos os sistemas de semeadura, e em todas as velocidades de deslocamento.

O Quadro 3 apresenta o custo total efetivo estimado para a operação de aração, realizado com grade aradora. O consumo horário de combustível durante o trabalho de aração foi em média de $8,60 \text{ L h}^{-1}$. A capacidade de campo efetiva do conjunto foi em média de $0,95 \text{ ha h}^{-1}$, a qual proporcionou uma eficiência de campo em média de 72,17%.

O custo operacional na velocidade de $3,0 \text{ km h}^{-1}$, no sistema de semeadura convencional e direta foi de R\$ 401,57 e R\$ 319,99, respectivamente. Houve um decréscimo de 25,49% no custo operacional. O custo operacional na velocidade de $5,0 \text{ km h}^{-1}$, no sistema de semeadura convencional e direta foi de R\$ 307,19 e R\$ 225,81, respectivamente. Houve um decréscimo de 33,03% no custo operacional. O custo operacional na velocidade de $8,0 \text{ km h}^{-1}$, no sistema de semeadura convencional e direta foi de R\$ 264,85 e R\$ 183,63, respectivamente e houve um decréscimo de 44,23% no custo operacional.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Dentre os custos operacionais com a operação de roçagem, aração e semeadura, as despesas com salário do operador e combustíveis são as mais elevadas;

- Dentre os custos operacionais com todas as operações, a semeadura foi a operação que apresentou o custo mais elevado;

- Dentre os custos operacionais com a implantação da cultura do milho, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou o custo mais elevado;

- O aumento da velocidade de deslocamento diminuiu o custo operacional;

- À medida que a agricultura torna-se mais competitiva e com menor intervenção governamental, o custo de produção torna-se um importante instrumento de planejamento e gerenciamento dos negócios agropecuários. Esta situação induz a necessidade de redução dos custos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), por financiar o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOCK, R. **Tractor-implemment systems**. Westport: AVIPublishing Company, p.161, 1986.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **D230.4, Agricultural Machinery Management Data**. ASAE Standards. St. Joseph, Michigan. p. 91-97, 1989.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. Piracicaba: Luis Antonio Balastreire, 322p, 2005.

COSENTINO, R. M. A. **Modelo empírico de depreciação para tratores agrícolas de rodas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ - Piracicaba, p.80. 2004. (Dissertação de Mestrado).

- CROSS, T. L.; PERRY, G. M. Depreciation patterns for agricultural machinery. **American Journal of Agricultural Economics**, v.77, p.194-204, 1995.
- EDWARDS, W. Farm machinery selection. **Machinery management**, Iowa State University, 952p, 2001.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 5ed. São Paulo: Atlas, 465p, 1992.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo, Agronômica Ceres, 301p, 1974.
- MIRANI, A. N.; BUKHARI, S. B.; BALOCH, J. M. Unit cost of operation of farm tractors. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America**, v.20, n.3, p.44-46, 1989.
- NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. São Paulo: Atlas, 274p, 1981.
- NORONHA, J. F.; MIALHE, L. G.; DUARTE, L. P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29. Campinas. **Anais...** Brasília: SOBER, p.13-33, 1991.
- OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ - Piracicaba, p.150. 2000. (Dissertação de Mestrado).
- SAAD, O. **Seleção do Equipamento Agrícola**. São Paulo: Nobel, 128p, 1976.
- SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 123 f. 2000. Tese

(Doutorado em Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TEIXEIRA, L. F. G. **Desenvolvimento de uma equação para estimativa do custo acumulado de reparos e manutenção para tratores agrícolas de pneus.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ - Piracicaba, p.89. 1995. (Dissertação de Mestrado).

UOL ECONOMIA COTAÇÃO [HTTP://economia.uol.com.br/cotações](http://economia.uol.com.br/cotações) (acessado: 13/12/2010).

3. RESUMOS E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi realizado na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ.

O objetivo do trabalho realizado foi avaliar o desempenho de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura utilizando-se um sistema de aquisição automática de dados e analisar o custo operacional de cada trabalho.

Na avaliação do desempenho operacional do conjunto trator e roçadora, foi utilizado um sistema de aquisição automática de dados implementado, o que permitiu a coleta de dados, em tempo real, de frequência da TDP, consumo horário de combustível e velocidade de deslocamento do conjunto trator e roçadora.

Na avaliação do desempenho operacional do conjunto trator e grade aradora, foi utilizado um sistema de aquisição automática de dados implementado, o que permitiu a coleta de dados, em tempo real, de frequência da TDP, consumo horário de combustível, força de tração requerida pela barra de tração e velocidade de deslocamento do conjunto trator e grade aradora.

Na avaliação do desempenho operacional do conjunto trator e semeadora-adubadora, foi utilizado um sistema de aquisição automática de dados implementado, o que permitiu a coleta de dados, em tempo real, de consumo horário de combustível, força de tração requerida pela barra de tração e velocidade de deslocamento do conjunto trator e semeadora-adubadora.

Finalmente, foram realizadas análises do custo operacional dos conjuntos trator e roçadora, trator e grade aradora e trator e semeadora-adubadora, com o objetivo de determinar o custo de cada operação.

Por meio de análises e interpretações dos resultados obtidos, conclui-se que:

1. Nos trabalhos realizados, implementou-se um sistema de aquisição automática de dados para coleta de dados de uma forma eficiente e eliminando erros tradicionais gerados pela coleta de dados convencional, como anotações incorretas em planilhas e perda de dados.

2. Observou-se, durante os trabalhos, facilidade de operação do sistema, permitindo rapidez na operação de aquisição de dados, e a capacidade de combinar o sistema implementado para atender as demandas de diversas pesquisas, podendo ser utilizado em diferentes tipos de máquinas agrícolas.

3. Após o ensaio com o conjunto trator e roçadora, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de 574,12 rpm; frequência média do motor de 2.233,33 rpm; consumo horário médio de 8,48 L h⁻¹; consumo operacional médio de 8,39 L ha⁻¹; capacidade de campo teórica média de 1,38 ha h⁻¹; capacidade de campo efetiva média de 1,03 ha h⁻¹; eficiência de campo média de 75,00%.

4. Após o ensaio com o conjunto trator e grade aradora, os registros foram processados, sendo obtidos os seguintes valores: frequência média da TDP de 564,33 rpm; frequência média do motor de 2.194,62 rpm; consumo horário médio de 8,60 L h⁻¹; consumo específico médio de 579,86 g kW⁻¹ h⁻¹; consumo operacional médio de 9,05 L ha⁻¹; consumo energético por área trabalhada médio de 12,87 kW h⁻¹ ha⁻¹; força na barra de tração de 6,11 kN; potência disponível na

barra de tração média de 12,25 kW; rendimento na barra de tração média de 20,91%; capacidade de campo teórica média de 1,32 ha h⁻¹; capacidade de campo efetiva média de 0,95 ha h⁻¹; eficiência de campo média de 72,17%; patinagem do rodado do trator média de 12,15%.

5. Após o ensaio com o conjunto trator e semeadora-adubadora, os registros foram processados, sendo observado que o aumento da velocidade de deslocamento aumentou o consumo horário de combustível, a potência na barra de tração, o rendimento na barra de tração, capacidade de campo efetiva, patinagem dos rodados do trator. Porém, diminuiu o consumo específico de combustível, o consumo operacional de combustível, a eficiência de campo.

6. Entre os sistemas de semeadura estudados, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou melhores resultados.

7. Entre as velocidades estudadas, a de 8,0 km h⁻¹ foi a que apresentou melhor desempenho.

8. Dentre os custos operacionais com a operação de roçagem, aração e semeadura, as despesas com salário do operador e combustíveis são as mais elevadas.

9. Dentre os custos operacionais com todas as operações, a semeadura foi a operação que apresentou o custo mais elevado.

10. Dentre os custos operacionais com a implantação da cultura do milho, o sistema de semeadura convencional foi o que apresentou o custo mais elevado.