

# ENGENHARIA AGRÍCOLA

## SISTEMA DE AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS PARA O GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS <sup>(1)</sup>

GASTÃO MORAES DA SILVEIRA <sup>(2)</sup>; MOISES STORINO <sup>(2)</sup>; AFONSO PECHE FILHO <sup>(2)</sup>;  
KIYOSHI YANAI <sup>(2)</sup>; JOSÉ AUGUSTO BERNARDI <sup>(2)</sup>

### RESUMO

Para difundir e popularizar técnicas de gestão de informações na agricultura são necessários esforços para prover o usuário de ferramentas de análise e de avaliação operacional. A versatilidade do trator agrícola o torna uma enorme fonte de informações que, se bem obtidas, analisadas e interpretadas, podem subsidiar o gerenciamento operacional da propriedade agrícola. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição automática de dados projetados para o levantamento de informações de campo. O sistema foi concebido para determinar a posição do veículo através de sistema de posicionamento global (GPS), juntamente com o consumo de combustível, a rotação do motor e a velocidade de deslocamento. Foram realizados experimentos visando verificar o funcionamento do sistema, por meio de confrontação com outras técnicas de determinação do consumo de combustível, da rotação do motor e da velocidade de deslocamento. Concluiu-se que o consumo de combustível, não exige correção de dados, e a determinação da rotação do motor requer calibração.

**Palavras-chave:** mecanização, automação, sistemas de informação, aquisição de dados.

### ABSTRACT

#### AUTOMATIC DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MECHANIZATION MANAGEMENT

To spread out and to popularize the information management techniques in agriculture, efforts are necessary to provide the user with analysis and operational evaluation tools. The versatility of agricultural tractor becomes an enormous source of information; if it is well obtained, analyzed and interpreted, it can subsidize the farm management. This work presents the development of an automatic acquisition data system projected for field information. The system was conceived to determine the position of the vehicle using global positioning system (GPS), fuel consumption, engine rotation, and forward speed. This data set permits the statistical control the operational parameters and generates reports with the main management indicators as field capacity, and work conditions. Its spatial treatment makes possible the creation of a database that associated to other sources of information can facilitate the management of the agricultural activity and the use of natural resources. Experiments had been carried out to test the system and confrontation with other techniques of the fuel consumption estimation, engine rotation and the forward speed.

**Key words:** mechanization, automation, information systems, data acquisition.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 5 de novembro e aceito em 11 de janeiro de 2005.

<sup>(2)</sup> Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Engenharia e Automação, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 26, 13201-970 Jundiaí (SP). E mail: silveira@iac.sp.gov.br; storino@iac.sp.gov.br; peche@iac.sp.gov.br; yanai@iac.sp.gov.br; bernardi@iac.sp.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

No processo produtivo, a informação tem características definidas que devem ser observadas e gerenciadas juntamente com outros fatores de produção. Segundo Nicoletti (1975), a propriedade agrícola, como qualquer outra organização produtiva, pode ser vista como um sistema de atividade, na qual entra uma série de "inputs" (insumos para a produção, informações, etc.), que sofrem transformações, originando "outputs" com determinadas características.

Os registros dos trabalhos de campo, normalmente usam métodos pessoais ou pouco organizados, geralmente limitados às anotações feitas em caderneta do operador. O levantamento dos dados das operações de campo, não é muito difundido. Segundo MISENER e McLEOD (1987), existem exemplos de empresas e pesquisadores que se dedicam a essa atividade, seguindo soluções muito práticas que utilizam o operador como apontador, e soluções mais sofisticadas com o emprego de computadores portáteis para o arquivamento dos dados obtidos diretamente no campo. Os dados também podem ser descarregados no fim do dia em um computador de mesa, usando-se, dentre outros, o processo de código de barras com caneta ótica.

Levando-se em consideração esses problemas, CASTELLI e MAZZETTO (1996) e MAZZETTO (1996) desenvolveram um sistema que realiza o registro automático dos dados de campo, permitindo dispor de informações apropriadas para o planejamento e gerenciamento estratégico, de todas as atividades e recursos da propriedade.

SILVEIRA (2001), com base em trabalho de Mazzetto (1996), realizou experimentos estáticos, estudando os parâmetros de identificação do trator no campo, a fim de determinar velocidade de deslocamento, consumo de combustível e rotação do motor.

STORINO et al. (2000) estudaram o desempenho do trator como indicador do estado físico do solo em agricultura de precisão. Determinaram os principais parâmetros operacionais como rotação do motor, consumo de combustível, e velocidade de deslocamento, bem como a sua localização no campo, usando "Global Positional Systems" (GPS). PERRET et al. (2000) desenvolveram um equipamento eletrônico para a aquisição de dados embarcados em trator, determinando os mesmos parâmetros operacionais definidos por STORINO et al. (2000).

Por meio de uma série de trabalhos, observa-se o aproveitamento de dados com os mesmos objetivos do atual trabalho, especialmente de colheita

monitorada como os trabalhos de SCHUELLER, (1992), BALASTREIRE (1994) e SWINTON e LOWENBERG-DEBER (1998).

YULE et al. (1999) elaboraram o mapeamento de um trator no campo usando GPS. 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, através de um mostrador.

MAZZETTO e LANDONIO (1999) desenvolveram um sistema que caracteriza a posição do trator no campo usando GPS, determinando, também, velocidade de deslocamento, consumo de combustível, rotação do motor e operador. Os dados processados são armazenados no trator e transferidos a um computador central através do uso de cartão usado para o armazenamento de dados.

O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema automático de aquisição de dados que, em intervalos preestabelecidos, determina a posição do trator no campo através de um receptor GPS, sua velocidade de deslocamento, o consumo de combustível, e a rotação do motor, e verificar sua funcionalidade por meio de comparações com outros métodos de medida.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o sistema mostrado na Figura 1, usa-se método de identificação, com base em receptor de GPS, e um microprocessador de bordo coleta os dados da operação do trator. No trabalho, utiliza-se um trator marca Massey Ferguson modelo 65 - X, motor marca Perkins, 4 cilindros com 48 kW de potência a 2.200 rpm, e seis marchas a frente, sendo as três primeiras reduzidas e as três últimas simples.

O sistema de aquisição de dados é formado por: unidade de aquisição de dados (UA), medidor de consumo de combustível, medidor de rotação do motor e GPS.

**Componentes no trator** - O trator é equipado com:

Uma Unidade de Aquisição de Dados (UA), para a qual convergem todos os dados levantados exercendo diversas funções: monitora o fluxo de dados dos sensores periféricos (relativos ao receptor de GPS, consumo de combustível e rotação do motor); filtra os dados antes de serem armazenados na memória de bordo; associa a informação à data e à hora de obtenção através de um relógio completo com calendário.

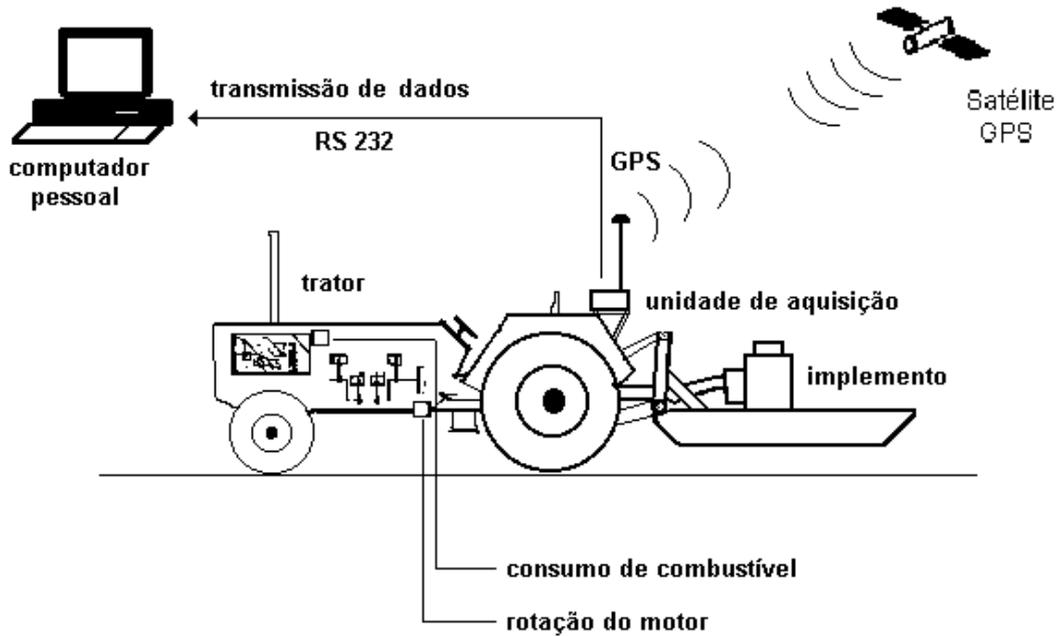


Figura 1. Diagrama geral do sistema automático de aquisição de dados utilizados.

A UA faz a leitura de quatro sensores tipo Ligado/Desligado, leitura de consumo de combustível, acionamento de quatro atuadores, um LED para indicação do funcionamento do sistema e outro para indicação da aquisição dos dados do GPS, chave de comando de início e término da operação. Registra também a posição (latitude e longitude), velocidade de deslocamento, e funcionamento dos sensores.

A medida do consumo de combustível é realizada por um medidor volumétrico de deslocamento positivo com engrenagens elípticas. Mede o volume de líquido que passa através da tubulação de combustível, originando um número de impulsos proporcionais a cada centímetro cúbico de combustível consumido. O medidor é da marca Oval, tipo M-III modelo LSF41L8-M2, série n. 0Y006. Foi montado na saída do reservatório de combustível e o retorno de combustível acoplado entre o sensor e o sistema de injeção. As leituras são feitas de acordo com a necessidade, por exemplo, a cada 10 segundos e armazenadas na UA.

Para a medição da rotação do motor, utiliza-se um transdutor óptico de velocidade "encoder" óptico incremental, com 360 pulsos por volta, marca Sick modelo T13100 B82140, que conta o número de voltas do eixo comando de válvulas do motor. A leitura da rotação do motor é feita a cada 10 segundos.

Um GPS, marca Ashtec Magellan, modelo G 8, sem correção diferencial, com uma antena receptora, posicionada na parte posterior do trator,

em suporte especial, a qual determina a posição do trator em coordenadas geográficas (latitude, longitude, altitude e o tempo). Com a posição atual e anterior, calcula-se a velocidade do conjunto. O sistema permite modificar o intervalo de obtenção dos dados do GPS, a cada 1,5,10,30 ou 60 segundos de acordo com as necessidades específicas. No caso a taxa de aquisição é de 10 segundos. A acurácia do GPS é de 10 metros dada pelo Valor Médio Quadrático. O equipamento foi aferido comparando os dados de latitude e longitude de um marco de coordenadas conhecidas existentes na propriedade.

Para coletar, organizar e tratar os dados de campo é utilizado um sistema com três módulos. O módulo de comunicação permite fazer a leitura dos dados da UA através de um computador portátil Toshiba 4010, apresentando a tela de cadastro e a tela principal com as funções: conectar; carregar dados; alterar frequência e desconectar e recuperar os dados da unidade de aquisição via cabo por meio do protocolo serial RS232.

O módulo administração do banco de dados organiza os registros das diferentes operações e apresenta as seguintes funcionalidades: filtrar dados, exportar para planilha eletrônica, imprimir relatório geral, exibir mapa, carregar pontos, e imprimir mapa.

O terceiro módulo, denominado Geodata, permite a conversão de dados para que possam ser manipulados em planilhas de cálculo e sistemas de informação geográfica.

Para verificar o bom funcionamento das medidas, o consumo de combustível obtido pelo sistema, foi comparado com o volume utilizado para encher o tanque do trator após 1 hora e 30 minutos de trabalho. Foram feitas 21 repetições, utilizando-se como implemento uma roçadora.

A rotação do motor fornecida pelo sistema foi comparada àquela obtida por um tacômetro ótico digital marca Ono Sokki modelo HT-431, medida no cabo do horímetro do trator. Multiplicando-se esse valor obtido por 2, tem-se a rotação do motor.

A velocidade fornecida pelo sistema de aquisição de dados foi obtida através do GPS com medições dos tempos necessários para que o conjunto trator implemento, percorrer 100 m. O trator possui seis marchas no total à frente, sendo três reduzidas (primeira, segunda e terceira) e três simples (quarta, quinta e sexta). Foram utilizadas nos experimentos as segunda, terceira e quarta marchas, comparadas com dados obtidos com cronômetro para percorrer o mesmo espaço. Em cada marcha, foram feitas 15 repetições.

Análises de estatística descritiva foram utilizadas comparando as características de medida central e de dispersão entre os conjuntos de dados. Quando necessárias foram utilizadas análises de regressão para obtenção de curvas de calibração.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, verificam-se os dados de estatística relativos ao consumo de combustível L/h, obtidos nos experimentos.

Pela Tabela 1, os dados de consumo de combustível estão com valores médios muito próximos. Observando-se os valores de erro-padrão conclui-se que os sistemas estimam com a mesma eficiência o consumo de combustível.

**Tabela 1.** Estatísticas do consumo de combustível em l/h de trabalho com roçadora

Estatística	Dados	
	Sistema	Obtidos
Média	3,49	3,55
Erro-padrão	0,067	0,062
Desvio-padrão	0,310	0,284
Intervalo	1,29	1,21
Mínimo	3,00	3,03
Máximo	4,29	4,24
Coefficiente de variação (%)	8,88	8,01

Os valores de desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação, assim como os valores de máximo e mínimo das duas populações confirmam essa afirmação. Assim, os dois sistemas são adequados, o que dispensa o uso de análise de regressão com a finalidade de calibração.

Na tabela 2, verifica-se a comparação dos dados obtidos pelo sistema com relação àqueles lidos no eixo do horímetro, obtidos com tacômetro digital. Assim, se tem o dado estatístico da rotação do motor. Nesse caso, observa-se tanto na média, como nos valores máximos e mínimos que o sistema empregado subestima os valores em relação ao tacômetro digital. Pelo desvio-padrão e o coeficiente de variação observa-se que as populações têm as mesmas características de dispersão.

**Tabela 2.** Análise estatística da rotação do motor em rotações por minuto (rpm)

Estatística	Tacômetro digital	Sistema de aquisição de dados
Média	1608,4	1506,029
Erro-padrão	99,04623	92,64775
Desvio-padrão	585,9654	548,1115
Intervalo	1680	1563
Mínimo	834	788
Máximo	2514	2351
Coefficiente de variação (%)	36,43157	36,39449

Em tais circunstâncias, obteve-se uma curva de calibração por meio de regressão linear, entre os dados do sensor do tacômetro digital e o usado no sistema de aquisição de dados (transdutor ótico de velocidade), o que garante sua utilização sem prejuízos à operacionalidade do sistema proposto.

$$y = 1,069x - 1,5709 \quad R^2=0,9999 \quad (1)$$

Na tabela 3, as estatísticas foram separadas pelas diferentes marchas utilizadas. Nesse caso, observa-se que as medidas do GPS variam mais que as do cronômetro, as estatísticas de dispersão confirmam esta afirmação. Nota-se que os valores menores são superestimados enquanto os maiores, subestimados. Para obter uma curva de calibração foram testados vários modelos de regressão: linear, logarítmica, exponencial e polinomial. Embora o melhor ajuste seja com a polinomial de quarta ordem, não é uma das análises com menor ajuste, porém mais simples de usar.

**Tabela 3.** Estatísticas da velocidade em km/h obtida com cronômetro e pelo sistema de aquisição em segunda, terceira e quarta marchas

Estatística	Marcha					
	Segunda		Terceira		Quarta	
	Sistema	Cronômetro	Sistema	Cronômetro	Sistema	Cronômetro
Média	2,66	2,50	4,41	4,57	6,18	6,62
Erro-padrão	0,0367	0,0020	0,0475	0,0052	0,0504	0,0171
Desvio-padrão	0,1422	0,0079	0,1841	0,0200	0,1886	0,0640
Variância da amostra	0,0202	0,0001	0,0339	0,0004	0,0356	0,0041
Intervalo	0,44	0,03	0,64	0,07	0,63	0,27
Mínimo	2,44	2,49	4,14	4,52	5,78	6,53
Máximo	2,88	2,51	4,78	4,59	6,41	6,80

$$y = 0.0083x^4 - 0.2354x^3 + 2.1088x^2 - 6.2864x + 8.3202 \quad (R^2 = 0.9892) \quad (2)$$

Neste trabalho para a leitura, memorização e transferência dos dados usa-se um computador portátil. No trabalho de Yule et al. (1991) os dados são processados e informados ao operador em tempo real através de um display. Esse sistema realiza o registro automático dos dados de campo, igual aos sistemas desenvolvidos por CASTELLI e MAZZETTO (1996), MAZZETTO (1996).

Determinados os principais parâmetros operacionais como: velocidade de deslocamento, consumo de combustível, rotação do motor e localização do trator no campo através do GPS, o sistema é semelhante àqueles desenvolvidos por MAZZETTO e LANDONIO (1999); PERRET et al. (2000); STORINO et al. (2000) e SILVEIRA (2001).

Como aplicações do sistema, após a obtenção dos dados de velocidade de deslocamento, rotação do motor, e consumo de combustível, em outros trabalhos, os resultados serão processados com ênfase a: a) métodos de estatística descritiva buscando entender o comportamento das medidas de posicionamento ou de tendência central e as medidas de variabilidade; b) utilização do método da estatística descritiva recomendada para análise de controle de qualidade; c) os dados serão processados com base em métodos utilizados em geoestatística, com a finalidade de verificar a ocorrência de dependência espacial para fins de uso ou não da interpolação na geração de mapas representativos da ocorrência de dados no campo.

### 3. CONCLUSÕES

1. O consumo de combustível, não exige correção de dados podendo ser aplicado diretamente.
2. A determinação da rotação do motor requer calibração.

### REFERÊNCIAS

- BALASTREIRE, L.A. Aplicação localizada de insumos, um velho conceito novo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 1994, Campinas. **Resumos...** Campinas: SBEA/UNICAMP, 1994. p.248.
- CASTELLI, G.; MAZZETTO, F. Automatic system for monitoring and recording farm field activities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., 1996, Cancun, Mexico. **Anais...** Michigan: ASAE, American Society of Agricultural Engineering, 1996. p.548-556.
- MAZZETTO, F. L'acquisizione dei dati aziendali in tempo reale. **Genio Rurale**, Milano, v.12, n.1 p.20-30,1996.
- MAZZETTO, F.; LANDONIO, S. Hardware and software developments applied to a system for the automatic organisation of computerised notebooks. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2., 1999, Odense. **Anais...** Odense: SCI Agriculture and Environment Group, 1999. v.1, p.53-54.
- MISENER, G.G.; McLEOD, C.D.; A model to facilitate farm machinery use and cost data collection. **Agricultural Systems**, Nancy, v.24, p.149-157, 1987.

NICOLETTI, B. L'impiego degli elaboratori. In: GIACOMAZZI, F. **Manuale di gestione della produzione**. Torino: ISEDI, 1975. v.34, p.34-27.

PERRET, S.; PIROT, R.; BARRET, D.; DEURVEILHER, D. **Etude de définition d' un appareillage électronique d' acquisition de données embarqué**. Montpellier: Cirad SAR, 2000. 35p.

SCHUELLER, J.K. A review and integrating analysis of Spatial-Variable Crop Control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v.33. p.1-34, 1992.

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, 2001.

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

SWINTON, S.S.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agricultura**, Madison, v.11, n.4, p.439-46, 1998.

YULE, I.J.; KOHNEN, G.; NOWAK, M. In field mapping of tractor performance. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE., 2., 1999, Odense. **Anais...** Odense: SCI Agriculture and Environment Group, 1999. v.1, p.20.