

PRAPRAG - SOFTWARE PARA PLANEJAMENTO RACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

ERIVELTO MERCANTE¹, EDUARDO G. DE SOUZA², JERRY A. JOHANN³,
ANTONIO GABRIEL FILHO⁴, MIGUEL A. URIBE-OPAZO⁵

RESUMO: O *software* PRAPRAG é uma ferramenta de escolha de máquinas e implementos agrícolas que apresentam o menor custo por área ou por quantidade produzida, bem como, faz o planejamento de aquisição das máquinas para a propriedade agrícola, do ponto de vista técnico e econômico. Foi utilizada a linguagem de programação Borland Delphi 3.0 e, a partir de prospectos das máquinas e implementos, criou-se um banco de dados onde o usuário pode cadastrar e modificar suas características de uso. O *software* mostrou-se uma ferramenta útil e uso amigável. O *software* proporciona maior rapidez, segurança e confiabilidade ao processo produtivo e econômico das propriedades, na seleção e aquisição de conjuntos mecanizados agrícolas, e na determinação de custos com a mão de obra utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: custos e seleção, desempenho, sistema computacional.

PRAPRAG - SOFTWARE FOR RATIONAL PLANNING OF AGRICULTURAL MACHINES

ABSTRACT: The software PRAPRAG is a tool used for choosing agricultural machines and implements that present the lowest cost per area or produced amount, as well as, to it makes the machines acquisition planning for the agricultural property, from both technical and economical points of view. It was used the programming language Borland Delphi 3.0. From the machine and implement handouts, it was created a database where the user can register and modify their characteristics of use. The software showed to be a useful and friendly tool. The software provides high speed, safety and reliability for the productive and economical process of the properties, at the selection and acquisition of agricultural systems, as well as for the determination of costs with the used labor.

KEYWORDS: costs and selection, performance, computational system.

INTRODUÇÃO

A globalização do mercado agrícola faz com que a agricultura brasileira precise competir com empresas estrangeiras, dentro e fora do País, oferecendo qualidade, quantidade e preços baixos. Acredita-se que a melhor opção esteja no desenvolvimento de tecnologias específicas para as condições do mercado nacional. Grandes esforços estão sendo aplicados para evoluir da situação de sociedade industrial para sociedade da informação, principalmente no que diz respeito ao processo de adoção e uso de novas tecnologias relacionadas com a informática, para dar suporte à tomada de decisões gerenciais e aumentar a produtividade na agricultura.

A mecanização agrícola está em fluxo contínuo de desenvolvimento e criação de novas tecnologias. Isso exige o uso racional destas, objetivando o maior rendimento, maior produção e menor gasto. Porém, não basta possuir à disposição altas tecnologias, é preciso adequar seu uso de maneira racional, obtendo o maior proveito possível de cada setor de produção. Por exemplo,

¹ Eng^o Agrícola, Prof. Adjunto, CCET/UNIOESTE, Cascavel - PR, Fone: (0XX45) 3220.3196, eriveltomercante@yahoo.com.br

² Eng^o Mecânico, Professor Doutor Associado, CCET/UNIOESTE, Cascavel - PR.

³ Eng^o Agrícola, Professor Mestre Assistente, CCET/UNIOESTE, Cascavel - PR.

⁴ Eng^o Agrônomo, Professor Doutor Associado, CCET/UNIOESTE, Cascavel - PR.

⁵ Estatístico, Professor Doutor Associado, CCET/UNIOESTE, Cascavel - PR.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 3-11-2008

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 21-2-2010

qualquer melhoria no gerenciamento da maquinaria pode ter efeito direto sobre os lucros, pois o custo das máquinas agrícolas representa grande parte dos custos totais da produção em propriedades de agricultura intensiva.

A seleção de uma máquina agrícola, bem como a de um implemento, pode tornar-se uma tarefa árdua, pois há diversas variáveis que devem ser consideradas, e a escolha do equipamento mais adequado para uma propriedade agrícola é uma das etapas mais importantes do processo produtivo. Modelos matemáticos podem ser considerados como ferramentas úteis na seleção de implementos agrícolas (BAIO et al., 2004)

O planejamento econômico das operações agrícolas é muito importante e enfoca principalmente dois aspectos: o custo da mão de obra e o custo das máquinas e dos equipamentos envolvidos. É usual classificar os custos em relação ao tempo de utilização da maquinaria agrícola. Essa classificação divide os custos em fixos, que independem do número de horas de trabalho, e custos variáveis, que dependem do número de horas de trabalho (HUNT, 1995; BALASTREIRE, 1987). Dentre os custos fixos, especial atenção deve ser dada à depreciação da maquinaria, e ela é tratada por EHRLICH (1986) como sendo uma forma contábil do desgaste de máquinas e implementos entrar no custo. Já segundo HIRSCHFELD (1984), a depreciação é a diminuição do valor de um bem resultante do uso, ação da natureza, ou obsolescência normal. Dentre os métodos de cálculo da depreciação apresentados por MIALHE (1974), HIRSCHFELD (1984) e BALASTREIRE (1987) destacam-se: a) por quotas constantes ou por forma retilínea; b) depreciação por porcentagens constantes (método de Matheson); c) depreciação por progressão aritmética ou por soma dos dígitos periódicos; d) depreciação por declínio em dobro, e e) depreciação proporcional às horas trabalhadas. Já em relação ao custo com a mão de obra, a principal questão refere-se à decisão de efetivar a contratação ou não de um novo empregado. Outro aspecto importante em análise de custos é o aspecto legal ou das leis trabalhistas (BRASIL, 1988).

Na década de 1980, iniciou-se a utilização de programas computacionais no gerenciamento, nos setores de administração e planejamento das grandes propriedades e agroindústrias. Entretanto, a informatização da agricultura tem encontrado restrições devido ao alto custo de investimento e manutenção, ao baixo nível tecnológico dos *softwares* deste ramo e à falta de mão de obra especializada nas propriedades agrícolas capaz de utilizar estes *softwares*. Segundo SILVEIRA (2005), têm-se no mercado muitos programas de computador com as mais diversas finalidades para o uso na propriedade agrícola, destacando-se o ADM Máquinas (AGRISOFT BRASIL, 2007); o Assiste (ASSESSORIA EM SISTEMAS TÉCNICOS, 2007); e o Optimus Agrícola (VECTIS TECNOLOGIAS, 2007). Entretanto, estes *softwares* não são de domínio público, nem contemplam todas as variáveis envolvidas na seleção e custo operacional da maquinaria agrícola. Dentro da iniciativa acadêmica, destaca-se o *software* para selecionar um sistema de mecanização agrícola - SOMA (LOPES et al., 1995), desenvolvido na EMBRAPA - Sete Lagoas, que permite selecionar equipamentos que atendem às exigências técnicas, com custo mínimo. Outro *software*, o Sistema de Custo de Produção Agrícola – CUSTOS (MATIN et al., 1994) permite estimar os custos de produção para empresas e organizações de produtores agrícolas. Ainda outros pesquisadores, como ZANATTA & VARELLA (2007), propuseram um *software* para estimar a idade ótima de substituição de máquinas agrícolas com base no custo anual equivalente.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi desenvolver um *software* de domínio público (http://cacphp.unioeste.br/pos/index.php?option=com_content&task=view&id=1081&Itemid=371), que selecione racionalmente os melhores conjuntos motomecanizados com adequação de parâmetros operacionais, como velocidade de trabalho, eficiência e custos fixos e variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O *software* foi desenvolvido em linguagem de programação Borland Delphi 3.0 e possui quatro módulos: cadastro, seleção, custo e planejamento. No módulo de cadastro de máquinas e implementos, criou-se um banco de dados onde são cadastradas e modificadas as principais

características das máquinas e implementos, tais como: marca, modelo, potência do motor, largura e profundidade de trabalho. A metodologia utilizada para planejamento operacional e econômico, e também para a seleção de maquinaria agrícola baseia-se em MIALHE (1974), BALASTREIRE (1987), HARRIGAN & ROTZ (1994), HUNT (1995) e ASAE D496.5 (2006).

O planejamento para seleção de máquinas é realizado com base na análise operacional do plano de produção da empresa agrícola e nos parâmetros de desempenho operacional das máquinas. Para a adequação dos componentes do sistema mecanizado, consideram-se os esforços de tração realizados pelo trator (tração disponível) e o esforço requerido pela máquina/implemento tracionado (tração requerida). Para a quantificação do esforço de tração disponível, admite-se que este é influenciado pelo grau de desagregação do solo e pela textura do solo. Assim sendo, foram definidas três classes para o grau de desagregação (solo firme, revolvido e solto/fofo), e três categorias de texturas (textura fina (solo pesado), média (solo médio) e grossa (solo leve)). A estimativa da força específica necessária, o tipo de máquina/implemento, foi obtida com base na eq.(1) (Força de tração específica) proposta por HARRIGAN & ROTZ (1994), e nos parâmetros apresentados nas Tabelas 1 e 2.

HARRIGAN & ROTZ (1994) propuseram um simples modelo para a estimativa da força de tração específica necessária a cada tipo de máquina/implemento, como função do tipo de solo e velocidade de deslocamento, e propuseram valores para parâmetros característicos para cada tipo de máquina e para cada solo:

$$FT = a + b V + c V^2 \quad (1)$$

em que,

FT - força de tração, em kN por unidade, largura unitária ou área da seção transversal da zona de tração;

V - velocidade de deslocamento, km h⁻¹, e

a, b, c - parâmetros característicos da máquina e do solo (Tabela 1).

TABELA 1. Força específica requerida por unidade de área (N cm⁻²). **Specific force required by area unity (N cm⁻²).**

| Tipo de Máquina/Implemento | | Textura do Solo | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------|------|-------|-------|------|-------|--------|------|-------|
| | | Fina | | | Média | | | Grossa | | |
| | | a | b | c | a | b | c | a | b | c |
| Arado | aivecas | 6,50 | | 0,051 | 4,20 | | 0,037 | 2,70 | | 0,024 |
| | disco | 5,20 | | 0,039 | 2,40 | | 0,045 | | | |
| Grade | aradora Tandem | 3,09 | 0,16 | | 2,72 | 0,14 | | 2,41 | 0,12 | |
| | aradora Offset | 3,64 | 0,19 | | 3,20 | 0,16 | | 2,84 | 0,14 | |
| | niveladora Tandem | 2,16 | 0,11 | | 1,90 | 0,10 | | 1,69 | 0,08 | |
| | niveladora Offset | 2,54 | 0,13 | | 2,24 | 0,12 | | 1,99 | 0,09 | |
| Cultivador | linhas em C | 260 | 13,0 | | 220 | 11,0 | | 170 | 8,50 | |
| | linhas em S | 140 | 7,0 | | 120 | 6,0 | | 92 | 4,60 | |
| Escarificador | hastes rígidas | 294 | | 2,35 | 221 | | 1,77 | 133 | | 1,05 |
| | hastes flexíveis | 91,0 | 5,39 | | 77,0 | 4,56 | | 59,0 | 3,47 | |
| Subsolador | ponteiras estreitas | 226 | | 1,80 | 170 | | 1,36 | 102 | | 0,81 |
| | ponteiras em asa | 294 | | 2,35 | 221 | | 1,77 | 133 | | 1,05 |
| Semeadora | precisão - Pd | 1820 | | | 1750 | | | 1670 | | |
| | precisão - Con | 1550 | | | 1550 | | | 1550 | | |
| | fluxo cont.- Pd | 720 | | | 660 | | | 570 | | |
| | fluxo cont.- Con | | | | | | | | | |
| | larg < 2,4 m | 400 | | | 400 | | | 400 | | |
| | 2,4 ≤ larg ≤ 3,6 m | 300 | | | 300 | | | 300 | | |
| | larg ≥ 3,6 m | 200 | | | 200 | | | 200 | | |

Pd - plantio direto; Con - plantio convencional; Cont. - contínuo; larg - largura da semeadora. Fonte: adaptado de HARRIGAN & ROTZ (1994).

Por outro lado, segundo ASAE D496.5 (2006), a força de tração requerida para tracionar semeadoras e pequenos implementos de preparo do solo, operando superficialmente, é primariamente função da largura do implemento e da velocidade de operação. Para implementos de preparo do solo operando a maiores profundidades, a força de tração também depende da textura do solo, profundidade e geometria do implemento. Calcula-se então a força de tração F_T (N) usando:

$$F_T = F_i W T (d + e V + f V^2) \quad (2)$$

em que,

F_i - parâmetro de ajuste em função do tipo do solo; $i - 1$ para solo de textura fina (argiloso), 2 para média (siltoso) e 3 para grossa (arenoso);

W - largura do implemento ou número de fileiras ou de unidades;

T - profundidade de trabalho, para implementos maiores, 1 (adimensional) para implementos menores e semeadoras, e

d, e, f - parâmetros específicos de cada implemento.

BOWERS (1978) propôs coeficientes redutores da força específica (Tabela 2) desenvolvida pelo trator de acordo com o tipo solo em que se executará a operação agrícola.

TABELA 2. Coeficientes redutores da força específica desenvolvida pelo trator por tipo de solo.
Reducer coefficients of the specific force developed by the tractor considering the kind of soil.

| Tipo de Solo | Coeficientes Redutores |
|--------------|------------------------|
| Firme | $k = 0,5470$ |
| Revolvido | $k = 0,4704$ |
| Solto | $k = 0,4046$ |

Fonte: BOWERS (1978)

A partir dessas equações, calcula-se a potência exigida por determinado implemento ou máquina para a execução de seu trabalho, e conseqüentemente obtém-se um trator compatível a esta potência. A potência requerida pelo trator para tracionar as diversas máquinas/implementos agrícolas é calculada pelas equações apresentadas a seguir:

Potencia requerida pelas máquinas/implementos agrícolas

A potência requerida pelo trator para tracionar arados de discos ou de aivecas (POT_{AG} , kW) e grades (aradoras e niveladoras) foi calculada por:

$$POT_{AG} = \frac{F_T P_o V L}{3600 k} \quad (3)$$

em que,

F_T - força específica requerida por unidade de área ($N\ cm^{-2}$, Tabela 2);

P_o - profundidade de operação, cm;

V - velocidade de deslocamento, $km\ h^{-1}$;

L - largura da faixa de trabalho, cm, e

k - coeficiente redutor da força específica desenvolvida pelo trator (Tabela 1), de acordo com o tipo de solo em que se executará a operação agrícola.

A potência requerida pelo trator para tracionar subsoladores, escarificadores cultivadores de linhas (POT_{SEC} , kW) foi calculada por:

$$POT_{SEC} = \frac{F_{T_H} P_o V N_H}{3600 k} \quad (4)$$

em que,

FT_H - força específica requerida por haste, $N \text{ haste}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, e

N_H - número de hastes.

A potência requerida pelo trator para tracionar semeadoras (POT_S , kW) foi calculada por:

$$POT_S = \frac{FT_L \cdot V \cdot NL}{3600 \cdot k} \quad (5)$$

em que,

FT_L - força específica requerida por linha, $N \text{ linha}^{-1}$, e

N_L - número de linhas da máquina/implemento.

Para pulverizadores, o *software* fará as seguintes recomendações ao usuário: pulverizador de arrasto: observar a capacidade de tração para tratores com potências inferiores a 50 cv (36,75 kW); pulverizador montado: observar a capacidade de levante do sistema hidráulico e a estabilidade do conjunto. Para pulverizadores do tipo autopropelido, montado e arrasto, a análise é realizada apenas em função da capacidade operacional de trabalho, como é apresentado na eq.(6):

$$Cap.Op.= \frac{FA \cdot V \cdot Ef}{100.000} \quad (6)$$

em que,

Cap.Op - capacidade operacional do conjunto, $ha \text{ h}^{-1}$;

FA - Largura da faixa de aplicação, m;

V - velocidade de deslocamento do conjunto, $m \text{ h}^{-1}$, e

Ef - eficiência de campo.

No que diz respeito a colhedoras, considera-se que o conjunto motor/colhedora é adequadamente dimensionado pela empresa fabricante, e a análise é realizada em função da capacidade operacional da mesma, utilizando-se da eq.(6), com a ressalva de substituir FA (Largura da faixa de aplicação) pela largura de corte da plataforma (LC). A largura de corte da plataforma é definida em função do número de linhas (NL) e do espaçamento entre linhas (EL), como é apresentado na eq.(7):

$$LC = NL \cdot EL \quad (7)$$

Custos de uso fixos das máquinas/implementos agrícolas

São frequentemente definidos como aqueles custos que não podem ser reduzidos, independentemente da taxa de produção. São despesas contraídas pela posse de alguma máquina/implemento e não são influenciadas pela quantidade de utilização do mesmo. Estes custos incluem as seguintes despesas: depreciação, alojamento, seguro, manutenção e mão de obra.

1) Depreciação

Segundo HIRSCHFELD (1984), a depreciação pode ser real ou contábil. A depreciação real é a diminuição efetiva do valor de um bem resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza ou obsolescência normal. A depreciação contábil é a diminuição, em valores contábeis, de um bem, resultante do decurso do prazo decorrido desde sua aquisição até o instante atribuído ao desgaste físico pelo uso ou à obsolescência. Outra forma de definir depreciação é considerá-la como um valor que deve ser reservado a cada ano para recuperar o custo inicial gasto na aquisição do bem até o final de sua vida útil. O método mais utilizado na prática e que foi selecionado como padrão do *software* é o método linear de depreciação ou por quotas constantes [eq.(8)]. É um método mais simples e apresenta dois casos: sem valor residual (residual nulo) e com valor residual. Uma vez que, nas operações agrícolas, os equipamentos não perdem 100% de seu valor, será usado o segundo caso, em que a depreciação anual será:

$$DE = \frac{VEN - VEU}{NAU \cdot NU} \quad (8)$$

em que,

DE - depreciação anual, R\$ h⁻¹;
 VEN - valor do equipamento novo, R\$;
 VEU - valor do equipamento usado, R\$;
 NAU - número de anos de utilização, ano, e
 NU - número de horas de uso por ano, h ano⁻¹.

Entretanto, o *software* possibilita também a depreciação pelos métodos: 1) exponencial; 2) soma dos dígitos; 3) quotas proporcionais às horas de trabalho, e 4) soma da taxa constante.

2) *Reparo anual*

Este custo varia em função de processos de utilização, conservação e manutenção do bem e da habilidade dos funcionários. A cota-reparo anual (*Ra*) refere-se à preventiva, realizada periodicamente (independentemente de sua utilização), sendo determinada admitindo-se um percentual sobre o valor do bem depreciado (*T_m*), ou através dos gastos previstos com reparo para o ano (*G_m*), distribuído pelo número de horas de uso ao ano (*N*), como é apresentado na eq.(9):

$$Ra = \frac{(T_m/100) VEN}{NU} \quad \text{ou} \quad Ra = \frac{G_m}{NU} \quad (9)$$

3) *Alojamento*

A cota-alojamento (*A*) refere-se ao juro do capital utilizado na construção do galpão (para o abrigo da máquina/implemento) e na sua manutenção. O cálculo do custo de alojamento pode ser obtido, dentre outras formas, através de um percentual (*T_a*) sobre o valor do bem depreciado (*Pd*), ou através dos gastos previstos com alojamento para o ano (*G_a*), distribuído pelo número de horas de uso ao ano (*N*):

$$A = \frac{(T_a/100) Pd}{N} \quad \text{ou} \quad A = \frac{G_a}{N} \quad (10)$$

4) *Seguro*

O seguro (*S*) é a prevenção contra acidentes, incêndios, roubos ou outra causa que possa provocar perda do bem. O cálculo do seguro é obtido através de um percentual (*T_s*) sobre o valor do bem depreciado (*Pd*), ou através dos gastos previstos com seguro para o ano (*G_s*) distribuído pelo número de horas de uso ao ano (*N*):

$$S = \frac{(T_s/100) Pd}{N} \quad \text{ou} \quad S = \frac{G_s}{N} \quad (11)$$

5) *Mão de Obra*

O custo-horário de mão de obra é calculado levando-se em conta todos os gastos com o operador dividido pelo número de horas efetivamente trabalhadas pelo mesmo, no período de um ano. Os gastos com funcionários podem ser assim classificados: salário-base mensal (*SBM*, R\$); horas extras (*HE*, R\$); encargos, tais como *INSS* (R\$), *FGTS* (R\$), *Insalubridade* (*INS*, R\$), *Periculosidade* (*PER*, R\$); 13^º salário (*13S*, R\$); abono de férias (*AF*, R\$); descanso semanal remunerado (*DSR*, R\$); comissões (*COM*, R\$); benefícios (*BEN*, R\$), e podem ser calculados por:

$$CHMO = \frac{(SBM + HE + COM + DSR + DSR_{HE} + PER + 13S + AF + INSS + FGTS + BEN)}{CHM + NHE} \quad (12)$$

Dessa maneira, o custo total fixo (CF) para uma determinada operação agrícola pode ser estimado da seguinte forma:

$$CF = D + Ra + A + S + CHMO \quad (13)$$

Custos de uso variáveis das máquinas/implementos agrícolas

Representam a parcela dos custos totais de produção que dependem do volume da mesma, isto é, à medida que a produção se eleva, os custos variáveis igualmente sofrerão acréscimo. Assim, os custos variáveis dizem respeito aos dispêndios com fatores de produção variáveis. Para operações agrícolas, consideram-se, entre outros, gastos com filtros, óleos lubrificantes, graxa, combustível, rodado e manutenção.

Os filtros são considerados elementos eliminadores de impurezas e são classificados como: Filtro de Combustível (FC); Filtro de Ar Seco (FA); Filtro de Óleo Hidráulico (FH); Filtro de Óleo Lubrificante do Motor (FLM). Para efeito de cálculo, considera-se o número de filtros (N) e seu respectivo custo (P), distribuído pelo período de troca dos mesmos (T). O cálculo do custo horário com filtros ($CFIL$) é dado por:

$$CFIL = \frac{N_{FC} P_{FC}}{T_{FC}} + \frac{N_{FLM} P_{FLM}}{T_{FLM}} + \frac{N_{FA} P_{FA}}{T_{FA}} + \frac{N_{FH} P_{FH}}{T_{FH}} \quad (14)$$

O consumo horário de combustível influencia consideravelmente no custo-horário da operação agrícola. A determinação do consumo horário baseia-se no preço do combustível (P_c) e no consumo horário de combustível (GH) gasto pela máquina agrícola. Assim, o custo horário com combustível (CGH) é calculado por:

$$CGH = P_c GH \quad (15)$$

O custo horário com óleos lubrificantes (COL) baseia-se no preço do óleo lubrificante (P) e no volume de óleo (V) necessário a cada período de troca, em horas (T), utilizado nos vários pontos que necessitam de lubrificação periódica e constante. No *software*, são considerados o óleo da transmissão (OT), o óleo do hidráulico (OH) e o óleo do motor (OM). Assim, o COL é obtido por:

$$COL = \frac{P_{OT} V_{OT}}{T_{OT}} + \frac{P_{OH} V_{OH}}{T_{OH}} + \frac{P_{OM} V_{OM}}{T_{OM}} \quad (16)$$

Da mesma forma, considera-se a quantidade de graxa usada por lubrificação completa (V), o período de lubrificação (T) e o custo do quilo de graxa (P). O custo horário com graxa (CGR) é dado por:

$$CGR = \frac{P_{GR} V_{GR}}{T_{GR}} \quad (17)$$

Para o cálculo do custo horário com rodados ($CROD$), considera-se o número de pneus dianteiros (N_{PD}), o número de pneus traseiros (N_{PT}) e seus respectivos custos (P_{PD} e P_{PT}) ao longo de sua vida útil ou período de substituição. Assim, o $CROD$ é obtido por:

$$CROD = \frac{N_{PD} P_{PD}}{T_{PD}} + \frac{N_{PT} P_{PT}}{T_{PT}} \quad (18)$$

Também se avaliam os gastos com manutenção/revisão (GM) ao longo de um determinado período (T), em horas, os quais não são considerados como preventivos, mas que são realizados periodicamente para o bom desempenho do conjunto motomecanizado. Desta forma, o custo horário com manutenção (CM) é dado por:

$$CM = \frac{GM}{T} \quad (19)$$

Estima-se o custo total variável (*CV*) para uma determinada operação agrícola, por meio de:

$$CV = CFIL + CGH + COL + CGR + CROD + CM \quad (20)$$

em que,

CV - custo variável;
 CFIL - custo horário com filtros;
 CGH - custo horário com combustível;
 COL - custo horário com óleos lubrificantes;
 CGR - custo horário com graxa;
 CROD - custo horário com rodados, e
 CM - custo horário com manutenção.

Finalmente, o custo horário total (*CT*) estimado para um conjunto motomecanizado é dado por:

$$CT = CF + CV \quad (21)$$

O módulo de planejamento consiste na integração dos módulos de seleção e custo, e sua elaboração envolve principalmente o desenvolvimento dos itens de estimativa do tempo disponível, estimativa do ritmo operacional e estimativa do número de conjuntos mecanizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *software* PRAPRAG possui uma tela inicial (Figura 1), a qual permite ao usuário direcionar suas atividades. Nela estão os menus dos módulos de cadastro, seleção, custos, planejamento e ajuda.

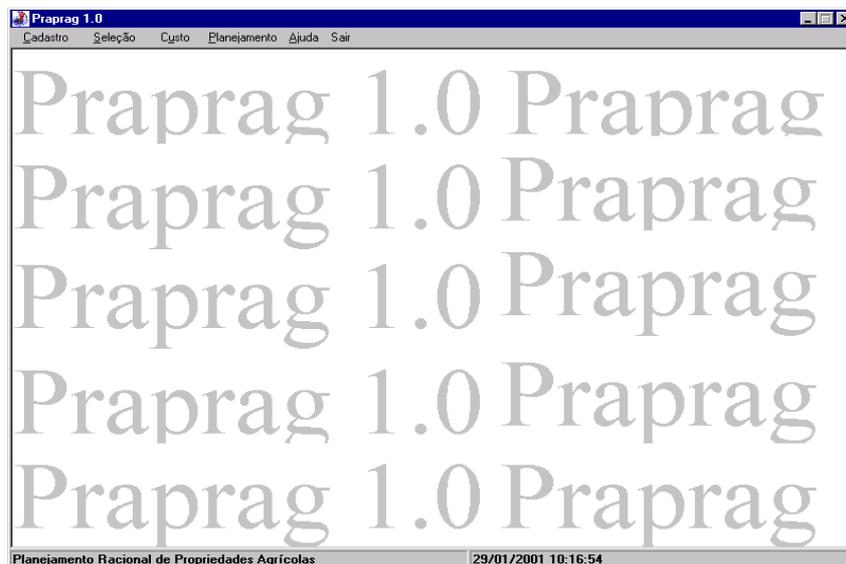


FIGURA 1. Tela inicial do *software* Praprag. **Initial screen of the Praprag software.**

Nas telas do módulo de cadastro (Figura 2), podem ser gravados, alterados ou excluídos, os dados das características de cada máquina ou implemento. Estes dados são utilizados na seleção das máquinas e implementos. O banco de dados do módulo cadastro funciona como uma ferramenta de auxílio ao processo de planejamento e seleção de maquinaria agrícola, além de servir de fonte de consulta aos usuários.

No módulo de seleção, o usuário terá acesso às telas de seleção de tratores e implementos. Na tela de seleção de tratores (Figura 3), o usuário define o tipo de máquina/implemento, as características do solo, a profundidade e a velocidade de trabalho. Em seguida, será calculada a potência necessária e será apresentada uma listagem dos tratores que atendem a esta operação.

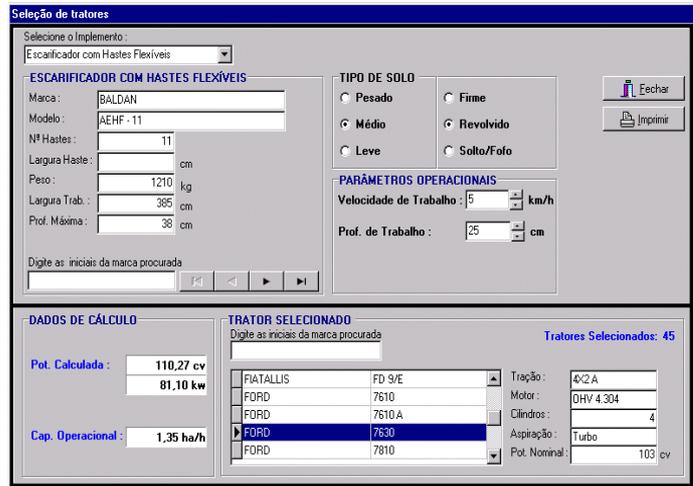
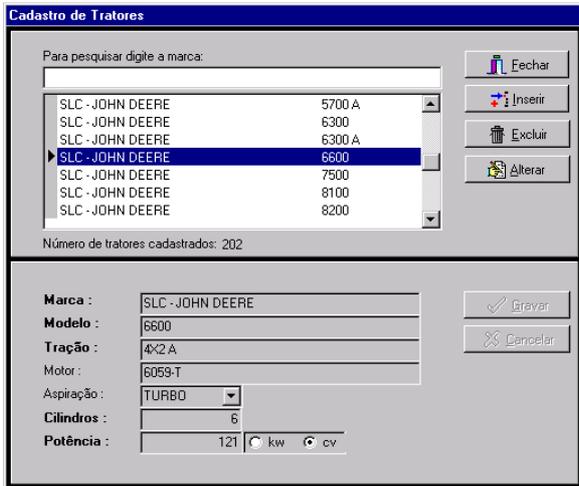


FIGURA 2. Tela do banco de dados para o cadastro de tratores **Database screen for the registration of tractors.**

FIGURA 3. Tela de seleção de tratores. **Selection screen of tractors.**

De maneira inversa, na tela de seleção de implementos (Figura 4), o usuário definirá o trator, as características de solo e os parâmetros de trabalho, e o *software* fornecerá as máquinas/implementos que podem ser tracionados pelo trator selecionado. A composição dos custos fixos, tanto para tratores, implementos e colhedoras é feito de forma semelhante. O usuário deve optar pelo método de depreciação que julgar adequado (linear, exponencial, soma dos dígitos, quotas proporcionais às horas de trabalho e soma de taxa constante), preencher os campos necessários referentes à depreciação, ao alojamento, ao seguro e à manutenção permanente.

Já os custos variáveis, por sua vez, diferenciam-se de acordo com a máquina/implemento. Para tratores (Figura 5), os custos variáveis são provenientes de filtros, combustível, rodados, revisão, óleos lubrificantes, graxas e outros.

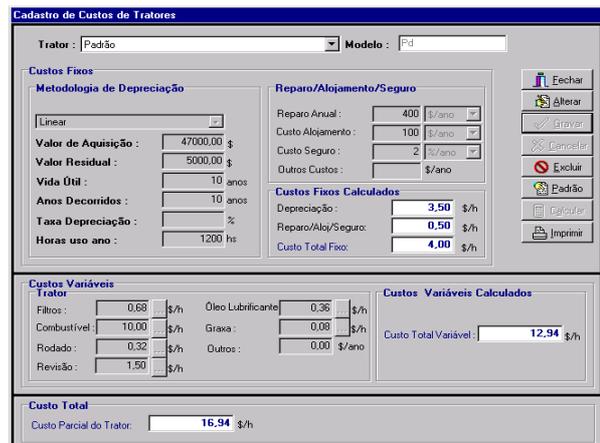
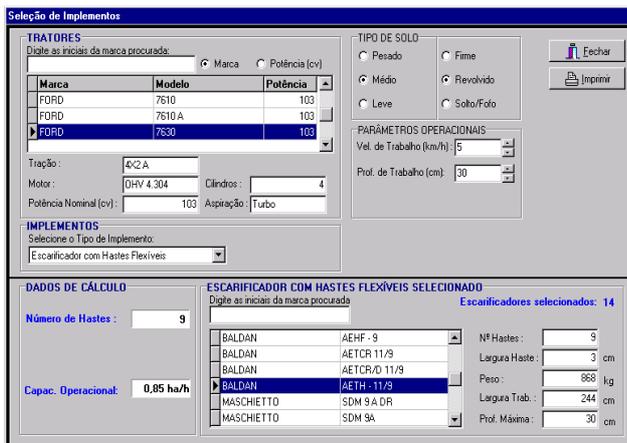


FIGURA 4. Tela de seleção de implementos. **Selection screen of implements.**

FIGURA 5. Tela de cadastro do custo de tratores. **Register screen of tractors cost.**

Para colhedoras e pulverizadores automotrizes, os custos variáveis são semelhantes aos de tratores, com apenas algumas particularidades. Para implementos, normalmente, os custos variáveis

referem-se à graxa e a outros particulares de cada implemento (por exemplo: jogo de bicos para pulverizadores, Figura 6). Se o usuário já tiver uma estimativa do custo horário destes itens, basta preencher os campos; caso contrário, poderá clicar na tecla ao lado de cada campo para compor o custo de cada item. Ainda no menu custo, tem-se a tela para o cadastro do custo mão de obra (Figura 7).

Devem-se preencher os dados do funcionário referente à sua função e ao tipo de mão de obra: se temporária, basta preencher o campo custo-horário; se permanente, opta-se pelo sistema de encargos sociais ou não. Caso o acordo entre empregado e empregador é de não haver encargos, os campos habilitados são salário-base mensal e carga horária mensal, e se o acordo constar de um percentual sobre o salário para encargos, é necessário estabelecer o percentual de encargos sociais. No entanto, se o contrato inclui os encargos sociais previstos em lei, todas as demais informações devem ser fornecidas para a composição do custo horário de mão de obra. A tela apresenta em cor diferenciada os resultados dos cálculos parciais e totais referentes aos encargos sociais do custo de mão de obra.

FIGURA 6. Tela de cadastro do custo de pulverizadores. Register screen of pulverizers cost.

FIGURA 7. Tela para o cadastro de mão de obra. Screen for registering labour force.

Ao optar pelo menu de planejamento, o usuário tem acesso ao módulo de integração dos módulos de seleção e custo, composto por um conjunto de cinco telas principais. No menu planejamento, o usuário entrará com os dados referentes à propriedade, tais como: a dimensão da área a ser trabalhada, o tempo estimado em dias para a realização do trabalho e a velocidade de trabalho do conjunto motomecanizado. Serão então calculados o ritmo operacional necessário e o número de conjuntos para a realização do trabalho, no tempo estimado.

Feita a escolha do número de conjuntos e a realização dos custos fixos e variáveis dos mesmos, o software gera uma planilha (Figura 8) contendo todos os dados referentes às máquinas, à propriedade, e os levantamentos de custos horários fixos e variáveis das máquinas, e o custo horário da mão de obra.

O software possui ainda, nos menus seleção, custos e planejamento, a opção para imprimir os resultados obtidos. Desta forma, o usuário poderá arquivar os resultados e, conseqüentemente, ter um banco de dados referente à sua maquinaria agrícola. Para um melhor esclarecimento de sua utilização, o software consta ainda de telas de ajuda (*Help*), de fácil acesso, com textos explicativos de cada item do software.

| Planejamento Agrícola | | Resultados | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Propriedade : Sítio dois Irmãos | | | |
| Operação Seleccionada : | Colheita | | |
| Colhedora Seleccionada : | SLC / 6200 TURBO | | |
| Plataforma Seleccionada : | VENCE TUDO 4 LM | | |
| Número do Talhão : | 1 | Área do Talhão : | 194 ha |
| Tempo Disponível para a Operação : | 144 h | Capacidade Operacional Necessária : | 1,35 ha/h |
| Cap. Operacional Individual : | 1,94 ha/h | Potência Necessária : | cv |
| Largura : | 3,60 m | Nº de Conjuntos : | 1 |
| Velocidade : | 6,00 km/h | Situações Calculadas : | 7 |
| Custos Fixos da Colhedora | | Custos Fixos da Plataforma | |
| Depreciação : | 7,29 \$ | Depreciação : | 2,57 \$ |
| Alojamento/Seguro/Manutenção : | 2,92 \$ | Alojamento/Seguro/Manutenção : | 1,72 \$ |
| Total : | 10,21 \$ | Total : | 4,29 \$ |
| Custo Fixo de Mão-de-Obra | | | |
| Custo Total para o Conjunto : | 27,04 \$ | | |
| Custos Variáveis | | Custos Variáveis da Plataforma | |
| Custos Variáveis da Colhedora | 10,81 \$ | Custos Variáveis da Plataforma | 0,00 \$ |
| Custo Total Fixo : | 41,54 \$ | Custo Total Variável : | 10,81 \$ |
| Custo de Oportunidade | | Custo Calculado | |
| Custo Horário por conjunto : | 80,00 \$/h | Custo Horário por conjunto : | 52,35 \$/h |
| Custo Horário total : | 80,00 \$/h | Custo Horário total : | 52,35 \$/h |
| Custo por Hectare : | 59,38 \$/ha | Custo por Hectare : | 38,86 \$/ha |
| Custo Total : | 11520,00 \$ | Custo Total : | 7538,40 \$ |

FIGURA 8. Tela da planilha final do menu planejamento agrícola. **Screen of the final spreadsheet of the agriculture planning menu.**

CONCLUSÕES

O *software* PRAPRAG é uma ferramenta computacional útil e de fácil utilização em propriedades agrícolas e em empresas ligadas à agricultura.

O *software* proporciona maior rapidez, segurança e confiabilidade ao processo de seleção e aquisição de conjuntos mecanizados agrícolas, bem como da determinação de custos com a mão de obra utilizada.

O *software* pode fornecer ao usuário a melhor escolha, tanto do ponto de vista técnico, quanto do econômico, podendo ainda este realizar seu próprio planejamento de máquinas e implementos agrícolas.

O *software* poderá ser utilizado em empresas especializadas, cooperativas, centros de pesquisa, secretarias municipais de agricultura e como ferramenta didática no ensino da mecanização agrícola ministrado nas universidades e colégios técnicos.

O *software* é público e está disponível para download no endereço http://cac.php.unioeste.br/pos/index.php?option=com_content&task=view&id=1081&Itemid=371.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a CAPES. A todos os participantes do projeto PRAPRAG, com destaque para: Adair Santa Catarina, Alcir J. Modolo, Carlos A. Antes, Cíndia Sordi, Claudiane Bulcholz, Denise Mahl, Emerson Wagner, Fabio Wronski, Fábio A. da Silva, João L. Skrock, José P. Molin, Lenir Mahl, Márcio Furlan Maggi, Rafael C. Tieppo, Reny A. P. Lopes e Wellington P. Carvalho.

REFERÊNCIAS

AGRISOF BRASIL. *Software ADM Máquinas*. 2007. Disponível em: <www.agrisoft.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2007.

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. *Standards 2006. Agricultural machinery management*. St. Joseph, 2006. ASAE EP 495.5.

- ASSESSORIA EM SISTEMAS TÉCNICOS. *Software ASSISTE*. 2007. Disponível em: <www.assiste.com.br>. Acesso em: 5 mar. 2007.
- BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R.; BALASTREIRE, L.A.; CAIXETA FILHO, J.V. Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162004000200014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 dez. 2009. DOI: 10.1590/S0100-69162004000200014.
- BALASTREIRE, L.A. *Máquinas agrícolas*. São Paulo: Editora Manole, 1987. 264 p.
- BOWERS, W. Matching equipment to big tractors for efficient field-operations. In: ASAE INTERNATIONAL MEETING, 1978, Utah. *Proceedings...* Logan: Utah State University, 1978. 8 p. (ASAE Paper, 78-1034).
- BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Brasília. 292p.
- EHRlich, P.J. *Engenharia econômica*. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1986.
- HARRIGAN, T.M.; ROTZ, C.A. Draft of major tillage and seeding equipment. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING SPONSORED BY ASAE, 1994, Atlanta. Paper 94-1533.
- HIRSCHFELD, H. *Engenharia econômica*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1984.
- HUNT, D. *Farm power and machinery management*. 9th ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 363 p.
- LOPES, J.D.S.; MANTOVANI, E.C.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M. Desenvolvimento de um programa computacional para selecionar, economicamente, um sistema de mecanização agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, p.537-542, 1995.
- MARTIN, N.B.; SERRA, R.; ANTUNES, J.F.G.; OLIVEIRA, M.D.M.; OKAWA, H. Custos: sistema de custo de produção agrícola. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.24, p.97-122, 1994.
- MIALHE, L.G. *Manual de mecanização agrícola*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.
- SILVEIRA, G.M. Mecanização: custo horário das máquinas agrícolas. *DBO Agrotecnologia*, São Paulo, v.4, p.26-29, 2005.
- VECTIS TECNOLOGIAS. *Software OPTIMUS*. 2007. Disponível em: <Agricultura. www.vectis.com.br>. Acesso em: 8 abr. 2007.
- ZANATTA, E.; VARELLA, C.A. Programa computacional para gerenciar a substituição de máquinas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 1 CD-ROM.