

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MODELO COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO
DE TRATORES, EQUIPAMENTOS E OPERAÇÕES
AGRÍCOLAS

CIRO MARCOS SILVA

TECNÓLOGO EM PROCESSAMENTO DE DADOS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas do Campus de
Botucatu - UNESP, para a obtenção do título
de Mestre em Agronomia - Área de
concentração Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

JULHO - 1996

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MODELO COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO
DE TRATORES, EQUIPAMENTOS E OPERAÇÕES
AGRÍCOLAS

CIRO MARCOS SILVA

Orientador: Prof. Dr. ANGELO CATANEO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas do Campus de
Botucatu - UNESP, para a obtenção do título
de Mestre em Agronomia - Área de
concentração Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

JULHO - 1996

*Eu me lembro! eu me lembro - Era pequeno
E brincava na praia; o mar bramia,
E, erguendo o dorso altivo, sacudia
A branca espuma para o céu sereno.*

*E eu disse a minha mãe nesse momento:
"- Que dura orquestra! Que furor insano!
Que pode haver maior do que o oceano
Ou que seja mais forte do que o vento?"*

*Minha mãe a sorrir olhou pros céus
E respondeu: "- Um Ser, que nós não vemos,
É maior do que o mar, que nós tememos,
Mais forte que o tufão! Meu filho, é - **Deus!**"*

Casimiro de Abreu

IV

Aos meus queridos pais, Ciro Silva e Maria Helena Fiuza Silva e aos meus queridos irmãos, Marcelo Ricardo, Marcia Helena e Marta Regina, por todo amor, apoio e estímulo, depositados no decorrer de minha vida e que muito me ajudaram na conclusão de mais essa jornada.

Ofereço

*A minha querida esposa
Maria Cecília e a minha
meiga filhinha Amanda,
por tudo que elas
significam para mim.*

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Agradeço ao meu pai Cel. Ciro Silva, oficial militar incorruptível e justo, pela educação rígida mas sempre seguida de amor e por ter me mostrado durante toda a minha vida com palavras e principalmente com atitudes que um homem deve sempre querer ser respeitado pela sua integridade e não pela posição ou condição social que ocupa.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são facilmente o passo mais agradável na confecção de um trabalho. É bom ter a oportunidade de dizer "muito obrigado" àqueles que tanto ajudaram.

Ao Prof. Dr. Angelo Cataneo pela orientação segura e pelo estímulo.

Ao Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças pela ajuda inestimável, concedendo-me acesso a todo o seu material relativo a tratores, equipamentos e operações agrícolas e pelo grande apoio dado nos momentos mais difíceis da confecção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Antônio Gamero, pelo grande apoio, empréstimo de valiosos materiais e pelas valiosas sugestões apresentadas, ajudando imensamente na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lúcio Benedito Kroll, pelas sugestões, estímulo e pela atenção dada.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez pelo apoio e empréstimo de valiosos materiais utilizados neste trabalho.

Ao amigo e colega de trabalho Eduardo Benedito Russo pelas grandes sugestões dadas na elaboração do layout do sistema computadorizado.

VII

Ao colega de trabalho Wilson Roberto de Jesus pela grande ajuda no processamento dos dados e pelas sugestões dadas.

Aos Professores Doutores Dinival Martins e Dalva Martinelli Cury Lunardi, pela grande ajuda no tratamento dos dados climatológicos.

À colega de trabalho Lilian Barbosa da Costa Fonseca pelo incentivo e apoio dado durante a confecção deste trabalho.

Aos demais colegas do CINAG - Centro de Informática na Agricultura, que direta e indiretamente colaboraram para que esse objetivo se concretizasse.

Ao pessoal da biblioteca da FCA pela prestatividade, simpatia e dedicada atenção.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE EQUAÇÕES	XIV
RESUMO	XV
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Material	20
3.1.1. Software	20
3.1.1.1. Microsoft Visual Basic (VB)	20
3.1.1.2. Microsoft Access	21
3.1.1.3. Dbase III Plus	21
3.1.1.4. Aldus Photostyler	21
3.1.2. Dados meteorológicos	22
3.1.3. Capacidade de campo dos solos	22
3.2. Métodos	23
3.2.1. Capacidade de água disponível	23
3.2.2. Evapotranspiração Potencial (ET _o)	23
3.2.2.1. Método de Penman-Monteith (ET _o)	24
3.2.3. Número de dias agronomicamente viáveis (T _d) ..	26
3.2.3.1. Número de dias úteis úmidos (Nu)	27
3.2.4. Cálculo operacional dos conjuntos motomecanizados	30
3.2.4.1. Rendimento operacional (R _o)	30
3.2.4.2. Capacidade de campo teórica (CCT)	31
3.2.4.3. Capacidade de campo efetiva (CCE)	32
3.2.4.4. Ritmo operacional (R)	32
3.2.4.5. Tempo de trabalho real (Tr)	33

3.2.4.6. Número de tratores necessários (NTr) ...	33
3.2.5. Potência útil no motor do trator agrícola (Nm)	34
3.2.6. Potência útil na barra de tração (Nb)	36
3.2.7. Resistência ao rolamento do trator (RR)	37
3.2.8. Potência requerida pelos equipamentos	38
3.2.9. Resistência à tração ou resistência total (RT)	39
3.2.9.1. Arado de discos	40
3.2.9.2. Arado de aivecas	42
3.2.9.3. Grade aradora	43
3.2.9.4. Grade niveladora	43
3.2.9.5. Cultivador mecânico	44
3.2.9.6. Subsolador e Escarificador	45
3.2.10. Fatores de majoramento da potência útil	47
3.2.10.1. Resistência à declividade do solo (Rd)	48
3.2.10.2. Resistência à condição superficial do solo (Rs)	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Considerações sobre o modelo computadorizado	50
4.2. Módulo de entrada e saída do sistema	51
4.3. Módulo de apresentação do sistema	52
4.4. Módulo do menu principal	53
4.4.1. Barra de ferramentas de trabalho	54
4.4.2. Barra de menu principal	54
4.5. Dimensionando o tempo	55
4.6. Dimensionando a área	57
4.7. Dimensionando o trator	58
4.8. Dimensionando os equipamentos	60
4.8.1. Dimensionando o arado de discos	61
4.8.2. Dimensionando o arado de aivecas	62

4.8.3. Dimensionando grade aradora e niveladora	64
4.8.4. Dimensionando o cultivador mecânico	66
4.8.5. Dimensionando o subsolador e escarificador ..	68
4.9. Dimensionando operações agrícolas	71
4.9.1. Selecionando os tratores para a operação	72
4.9.2. Selecionando o equipamento para a operação ..	74
4.9.3. Apresentando os dimensionamentos	76
4.10. Cadastro de tratores	80
4.11. Gerando relatórios na impressora	81
5. CONCLUSÕES	82
6. SUMMARY	84
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE	93

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Capacidade de campo de acordo com o tipo de solo	22
2. Dias trabalháveis e dias não trabalháveis para solo argiloso	28
3. Dias trabalháveis e dias não trabalháveis para solo barrento	28
4. Probabilidades de ocorrência de um dia trabalhável para a região do município de Botucatu-SP	29
5. Rendimento operacional (Eficiência) de máquinas agrícolas	31
6. Rendimento na barra de tração em função do fator "0,86" para cada condição de tração do solo	35
7. Taxas de aumento da potência útil na barra de tração para tratores com tração (4x4) em relação aos de tração (4x2), em função da condição de tração do solo	35
8. Coeficiente de resistência ao rolamento em função da condição de consistência do solo	38
9. Largura e profundidade de discos para arados de discos	42
10. Valores para estimativa da Resistência ao corte unitário (Rdu) e Resistência ao corte (Rc)	47
11. Perda de tração em (N/t) em função da condição superficial do solo	49
12. Propriedades físicas dos solos	93

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Relação entre solo, trator e implemento	4
2. Constituição geral de um trator agrícola. O diagrama mostra os principais órgãos mecânicos envolvidos na transmissão da potência do motor ao rodado e tomada-de-potência	8
3. Rendimento máximo de potência mecânica de um trator com tração simples sobre concreto	10
4. Módulo de entrada e saída do sistema	51
5. Módulo de apresentação do sistema	52
6. Barra de menu e barra de ferramentas de trabalho	53
7. Barra de mensagem	53
8. Botões da barra de ferramentas de trabalho	54
9. Menu arquivo, aberto na barra de menu	55
10. Menu opções, aberto na barra de menu	55
11. Módulo de dimensionamento de tempo	56
12. Módulo de dimensionamento de área	58
13. Módulo para dimensionamento de trator	59
14. Módulo para seleção de tipos de equipamento	60
15. Resultados do módulo de dimensionamento de arado de discos	61
16. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de arado de discos	62
17. Resultados do módulo de dimensionamento de arado de aivecas	63
18. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de arado de aivecas	64
19. Resultados do módulo de dimensionamento de grade aradora e grade niveladora	65

20. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de grade aradora e grade niveladora	66
21. Resultados do módulo de dimensionamento de cultivador mecânico	67
22. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de cultivador mecânico	68
23. Resultados do módulo de dimensionamento de subsolador e escarificador	69
24. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de subsolador e escarificador	70
25. Quadros de entradas de dados contidos no primeiro submódulo do dimensionamento de operações	71
26. Submódulo para seleção de tratores	72
27. Quadro do filtro para potência de tratores	73
28. Quadro de seleção de quantidade de tratores e peso ..	74
29. Submódulo de seleção e dimensionamento de equipamento para a operação	75
30. Quadro para entrada da condição de tração do solo e sua consistência	76
31. Quadro de resultados do dimensionamento do equipamento utilizado na operação	77
32. Quadro de resultados dos dimensionamentos dos tratores utilizados na operação	78
33. Quadro de resultados do dimensionamento das operações realizadas	79
34. Módulo de cadastro de tratores	80

LISTA DE EQUAÇÕES

Equações	Página
Método de Penman-Monteith (Eto)	24
Número de dias agronomicamente viáveis (Td)	26
Capacidade de campo teórica (CCT)	31
Capacidade de campo efetiva (CCE)	32
Ritmo operacional (R)	32
Tempo de trabalho real (Tr)	33
Número de tratores necessários (NTr)	33
Potência útil no motor do trator agrícola (Nm)	34
Potência útil na barra de tração (Nb)	36
Resistência ao rolamento do trator (RR)	37
Resistência à tração ou resistência total (RT)	39
Resistência ao corte (arado de discos e de aivecas) (Rc) ..	40
Área mobilizada (arado de discos e de aivecas) (Am)	41
Largura de corte total (arado de discos e de aivecas (lc)	41
Resistência ao corte unitária (arado de discos) (Rcu) ...	42
Resistência ao corte unitária (arado de aivecas) (Rcu) ..	43
Resistência ao corte (grade aradora e niveladora) (Rc) ..	43
Resistência ao corte (cultivador mecânico) (Rc)	44
Largura de corte total (cultivador mecânico) (lc)	45
Resistência ao corte (subsolador e escarificador) (Rc) ..	45
Largura de corte total (subsolador e escarificador) (Lc) ..	46
Resistência ao corte unitária (subsolador e escarificador) (Rcu)	46
Resistência a declividade do solo (Rd)	48
Perda de tração unitária (Rdu)	48
Resistência a condição superficial do solo (Rs)	49

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de um modelo computacional (sistema computadorizado), o qual permite o dimensionamento de tratores, equipamentos agrícolas e de operações agrícolas.

Foram utilizados dados sobre tratores oferecidos no mercado brasileiro, criando-se um banco de dados contendo informações de marca, modelo, potência de ensaio, peso sem lastro, peso com lastro e tipo de tração, que serão utilizados pelo sistema computadorizado.

Para análise dos dias agronomicamente viáveis, foram avaliados dados climatológicos do dia 01/01/1983 até 31/12/1993, totalizando 11 anos de dados para a região do município de Botucatu - SP, tais como: precipitação, velocidade do vento, radiação solar, temperaturas mínimas, máximas e médias, umidade relativa do ar, insolação, e outros, através dos quais obteve-se uma tabela contendo taxas de ocorrências de dias bons, considerando-se cinco tipos diferentes de solo. Esta tabela fornece a base para alguns dos cálculos do sistema, podendo ser gerada por qualquer

método estatístico com dados de qualquer região, sendo facilmente integrada ao sistema.

Através dos dados dos tipos de solo utilizados e daqueles estimados matematicamente por meio de método de mínimos quadrados, encontrou-se os valores dos coeficientes usados nos cálculos de resistência ao corte unitária e resistência ao corte para cada tipo de equipamento, em cada tipo de solo.

Utilizando-se o "Microsoft Visual Basic" (VB), "software" de desenvolvimento de programas para ambiente "Windows", criou-se um sistema com uma interface visualmente agradável e fácil de se trabalhar.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das mais antigas e principais atividades do homem, desde o momento em que este abandonou os costumes nômades e fixou-se à terra e dela começou a extrair seus alimentos, vestuários e outros bens.

Através dos tempos a Humanidade tem buscado encontrar novas formas para melhorar a produtividade agrícola, visando obter o máximo de rendimento útil com um mínimo de dispêndio de energia, tempo e dinheiro. Sendo assim, os estudos nesta área, tem se voltado para a racionalização das operações agrícolas.

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

Com base nessas características, 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.

O planejamento e a seleção de tratores e equipamentos agrícolas ainda são operações executadas manualmente.

Diversos componentes do dimensionamento de implementos, tratores e operações agrícolas, requerem cálculos demorados e repetitivos. Em vista desse fato, tem-se procurado executá-los através de ferramentas mais acessíveis e mais rápidas.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi estudar e selecionar métodos de dimensionamento de tratores, equipamentos e operações agrícolas, a fim de desenvolver um modelo computacional para facilitar e agilizar estas tarefas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A importância da mecanização na agricultura e a importância de executá-la de forma correta, é mostrada por LEME (1971), o qual afirma que nos Estados Unidos um agricultor produzia alimentos para cerca de 36 pessoas e na mesma época no Brasil, devido ao baixo nível da mecanização, um agricultor conseguia produzir alimentos somente para 5 pessoas.

O interesse pelas pesquisas na área da mecanização agrícola, tem sido cada vez mais pronunciado, provavelmente devido a evolução não planejada desse setor nos últimos 30 anos, desde a implantação da indústria nacional de máquinas agrícolas, o que acarretou num uso indiscriminado e intensivo dessa maquinaria, indispensável para o progresso tecnológico da nossa agricultura, mas muitas vezes utilizada inadequadamente (DANIEL et al, 1990).

De acordo com MIALHE (1974), mecanizar racionalmente as operações agrícolas, constitui o objetivo básico do estudo da Mecanização Agrícola.

COBO (1988) afirma que para se executar o dimensionamento de tratores e equipamentos agrícolas

corretamente, é preciso que exista um relacionamento harmônico entre solo, trator e implemento conforme ilustrado na Figura 1.

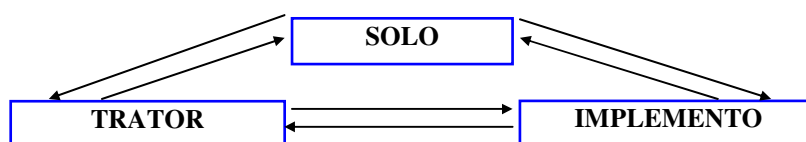


Figura 1. Relação entre solo, trator e implemento.

Também afirma que quanto mais se ajustar a potência disponível do trator com a potência requerida pelo equipamento sob determinadas condições de trabalho, mais eficiente será a seleção da máquina, seja ela o trator ou o implemento agrícola.

Uma das variáveis importantes na mecanização é o coeficiente de tração, definido como a relação entre a tração na barra e a carga dinâmica atuante no dispositivo de tração (BAGER et al. 1963).

DWYER e PEARSON (1976), estudaram os desempenhos de tração de um trator com tração na duas rodas traseiras e outro de tração nas quatro rodas, com rodas iguais, todos de 62,5 kW (85 cv) na tomada de potência, em 13 condições de campo. As potências média e máxima de tração na barra do 4x4 com rodas iguais, em todas as condições, foram 14% maior que os de tração 4x2. Tratores 4x4 com rodas dianteiras menores apresentaram 7% mais de potência na barra que os de tração 4x2.

Segundo Maliverne, citado por MIALHE (1974), é racional o sistema de organização no qual, em determinadas condições de ambiente, meios e pessoas, atinge mais

facilmente e portanto, mais economicamente, os objetivos a que se aplica.

AGEDES e MOTA (1986), afirmam que existem inúmeras decisões que um agricultor deve tomar que são dependentes das condições meteorológicas. Entre essas decisões encontra-se a necessidade de prever uma operação agrícola em tempo hábil com a maquinaria que se dispõe.

A dinâmica do solo pode ser definida como a relação entre as forças que são aplicadas e a resultante reação do solo. Por este motivo ela pode ser considerada uma combinação da ciência do solo e da mecânica (BALASTREIRE, 1987).

Mecanizar as operações agrícolas segundo GALETI (1981), é permitir o aumento da área cultivada, imprimir rapidez às operações e permitir uma melhor qualidade aos trabalhos. Algumas operações conseguiram extraordinário avanço em termos de mecanização, existindo praticamente um equipamento para cada situação. As indústrias de máquinas, implementos e ferramentas, além do contínuo aperfeiçoamento, estão atentas e de pronto respondem às solicitações do meio rural. Por isso, a cada dia temos um novo equipamento no mercado.

A mecanização da agricultura tem duas grandes metas, aumentar a produtividade por agricultor e modificar a feição do trabalho agrário, tornando-o menos árduo e mais atraente (BAGER et al. 1963).

O trator agrícola segundo MIALHE (1980), é uma máquina autopropelida provida de meios que, além de lhe conferirem apoio estável sobre uma superfície horizontal e impenetrável, capacitam-no a tracionar, transportar e fornecer potência mecânica, para movimentar órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas.

O trator agrícola é constituído das partes ilustradas na Figura 2. No trator agrícola a energia gerada pela combustão é transformada em energia mecânica no motor. O trabalho mecânico desenvolvido no motor é aplicado no acionamento de máquinas e implementos através da Tomada de Potência (TDP) e da Barra de Tração (MIALHE, 1974).

Através de LAPERUTA FILHO (1988), constata-se que a mecanização da agricultura tem um papel muito importante no aumento da produtividade do trabalho, na produção de alimentos, e que o trator é parte fundamental na mecanização da agricultura.

A seleção de máquinas agrícolas é um assunto bastante complexo, segundo COBO (1988). Quando um produtor agrícola que possui um determinado número de máquinas agrícolas deseja ampliá-lo adquirindo novos tratores e equipamentos, deve procurar com que os mesmos se adaptem harmonicamente com os já existentes, além de se ajustar ao tipo e condição de trabalho do local.

Conforme HUNT (1965) a operação de um equipamento sobre um típico solo agrícola envolve concepções de resistência ao rolamento e componentes de peso. A resistência ao rolamento é definida como a fração da força devido ao peso necessário para sustentar o equipamento movido por uma velocidade constante. Esta força é necessária para fornecer a energia requerida para rodar o pneu, para comprimir ou empurrar suavemente para trás o solo e rolando a roda e seu eixo para frente.

As condições de superfície do solo, influem de maneira notável sobre a força de tração. Por isso é que os solos cheios de torrões, ou lamacentos, ou macios, oferecem uma resistência maior às rodas do que em um terreno firme. O rodado também tem influência quer seja ele de aço ou de

pneumáticos, sendo que o seu diâmetro também influi sobre a força de tração (SAAD, 1983).

De acordo com STONE (1965), a barra de tração é usada em veículos e máquinas tracionadas e também para arrastar cargas. Ela é uma parte importante do sistema de transmissão de força. Seu modelo, localização e ajuste afetam a eficiência do trator e dos equipamentos de tração. Quando a barra de tração é ajustada adequadamente, o trator tracionará com eficiência e a máquina tracionada estará em uma boa posição de trabalho. Acima de tudo, a barra de tração proporciona um ponto de tração mais seguro. Deve-se sempre utilizá-la para puxar cargas. Muitos acidentes têm resultado da conexão de máquinas ou cargas pesadas em outros pontos que não na barra de tração. Alguns acidentes têm sido causados pelo ajuste impróprio da barra de tração.

Um dos fatores que afetam a tração de um equipamento de rodas, é a resistência ao rolamento, ou a resistência causada pelas rodas que se afundam no solo sobre o qual está operando, ou pela terra que amontoa-se na frente das rodas (SAAD, 1983).

A energia mecânica fornecida pela Tomada de Potência (TDP), em movimento de rotação é usada para o acionamento de diferentes tipos de máquina (subsolador vibratório, enxada rotativa etc). O acionamento de máquinas agrícolas através do eixo da TDP é mais eficiente, em termos de aproveitamento de potência do eixo do motor, do que aquelas tracionadas pela barra de tração. Isto se deve ao fato de que na TDP a potência do motor é aproveitada diretamente no seu eixo de saída, passando simplesmente por um ou dois pares de engrenagens e respectivos mancais de rolamento.

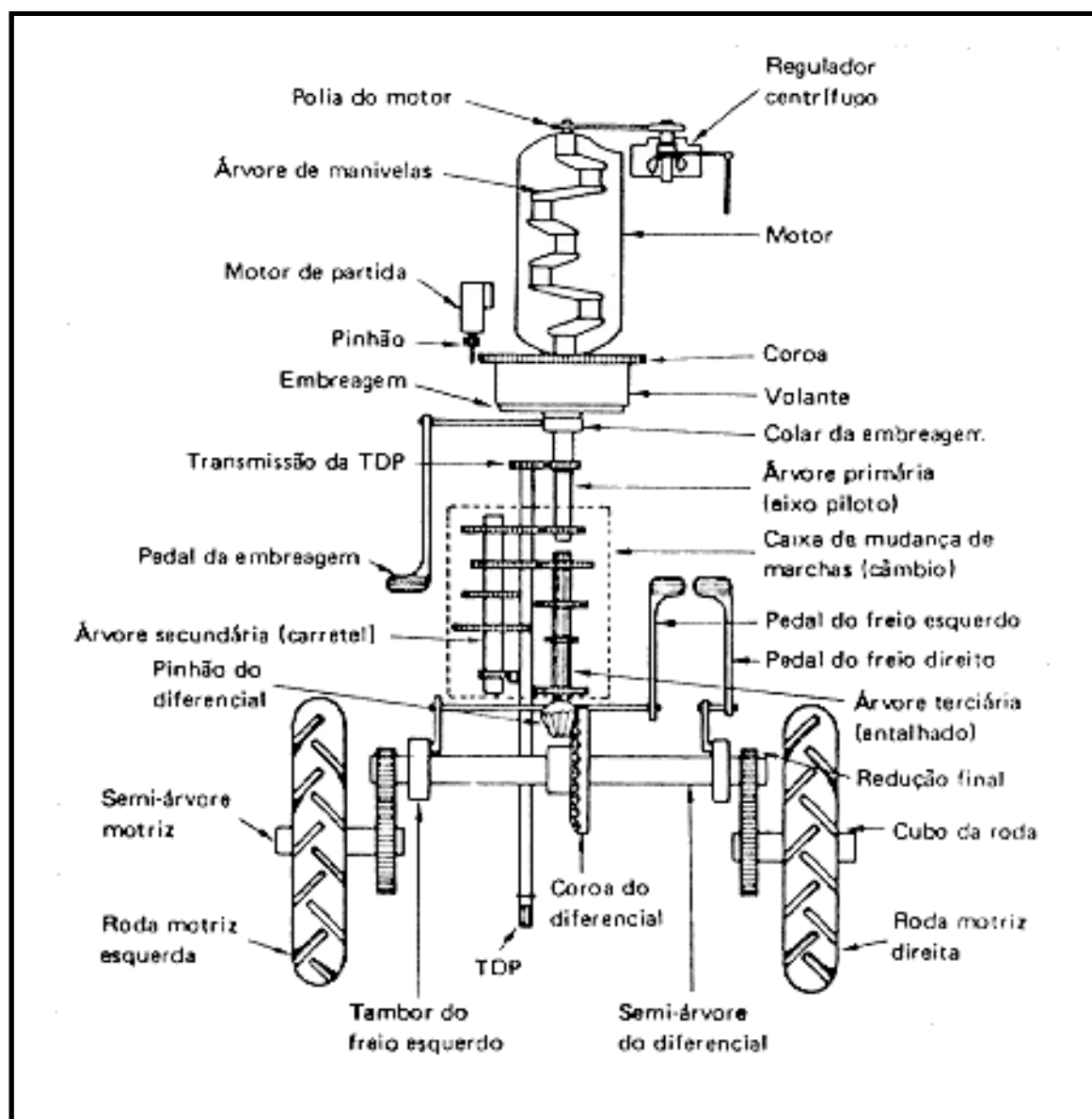


Figura 2. Constituição geral de um trator agrícola. O diagrama mostra os principais órgãos mecânicos envolvidos na transmissão da potência do motor ao rodado e tomada-de-potência (MIALHE, 1980).

Através da Barra de Tração desenvolve-se a força exigida pelos equipamentos por meio da transferência de

energia do motor para os rodados, através das transmissões, e finalmente transformam o torque do eixo motoraiz do trator, em força disponível na barra de tração. Essa transformação é função de fenômenos de atrito e de cisalhamento, que por sua vez, dependem da carga aplicada sobre os rodados. Conforme mostrado na Figura 2, extraída de MIALHE (1980), a transmissão de potência do motor para a barra de tração sofre diversas perdas passando pela caixa de câmbio, coroa e pinhão, diferencial e redução final. Além dessas perdas na transmissão da potência do motor, ocorrem perdas devido ao patinamento, deformação dos pneus, tipo de solo, teor de água do solo etc.

A norma ASAE EP391 (1983), apresenta as perdas nas diversas etapas de transmissão de potência para a TDP e para a Barra de Tração, e a relação entre elas, como ilustrado na Figura 3. Porém a potência líquida obtida na barra de tração é válida para a condição de piso de concreto (Eficiência máxima de transmissão de potência), portanto para se calcular as diferentes potências na barra de tração em função dos vários tipos e condições de solos agrícolas, esse valor deve ser multiplicado pelo rendimento do rodado nesses solos.

Segundo Wendel Bowers, citado pela VALMET DO BRASIL (1989) o Fator "0,86" considera um fator de deslizamento das rodas motrizes na faixa de 10 a 12%, como o próprio nome diz, propõe a obtenção das diversas potências disponíveis em diferentes condições de solo através de sucessivas multiplicações da potência geradora por "0,86" para se obter a potência gerada. Portanto, para os casos agrícolas mais usuais tem-se:

$$\text{POTENCIA NA TDP} = (\text{potência útil no motor}) * 0,86;$$

POTÊNCIA MÁXIMA NA BARRA, EM CONCRETO = (potência na TDP) * 0,86;

POTÊNCIA MÁXIMA NA BARRA, EM SOLO FIRME = (potência máxima na barra, em concreto) * 0,86;

POTÊNCIA UTILIZÁVEL NA BARRA, EM SOLO FIRME = (potência máxima na barra, em solo firme) * 0,86;

POTÊNCIA UTILIZÁVEL NA BARRA, EM SOLO ARADO = (potência utilizável na barra, em solo firme) * 0,86;

POTÊNCIA UTILIZÁVEL NA BARRA, EM SOLO SOLTO = (potência utilizável na barra, em solo arado) * 0,86.

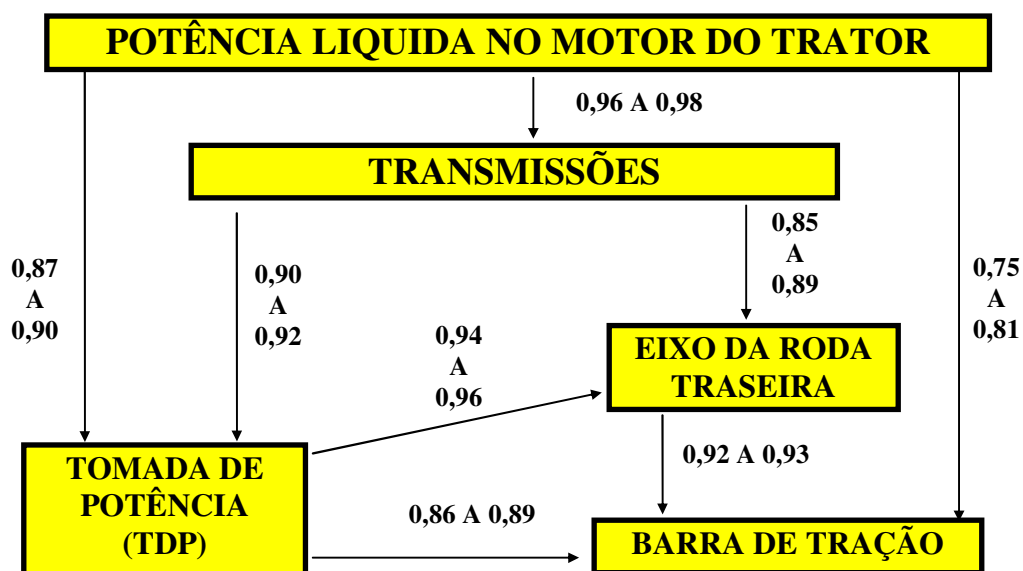


Figura 3. Rendimento máximo de potência mecânica de um trator com tração simples sobre concreto (Norma ASAE EP391, 1983).

QUEIROZ et al. (1992) desenvolveu um programa de computador para a simulação do desempenho de conjuntos trator-grade. O programa utiliza as equações apresentadas

pela norma ASAE, para o cálculo da força requerida para tracionar as grades e utiliza-se as equações de Wismer e Luth, para o Cálculo da força da tração que o trator pode desenvolver. Segundo eles, há hoje uma preocupação muito grande em se estudar os fatores que influenciam as operações de preparo do solo, para quê, de posse desses dados, consigam-se obter formas de preparo que forneçam um trabalho de melhor qualidade e que aproveite, de forma econômica, a potência disponível nos tratores.

Segundo (WUNSCH e DENARDIN, 1980), a operação mais importante no manejo do solo para cultivo é o seu preparo e a maior parte dos problemas de conservação do solo advém da inadequada forma de condução das operações de preparo. Prosseguem afirmando que solos preparados convencionalmente apresentam aumento da densidade, alterações do espaço poroso, menor estabilidade de agregados e redução na condutividade hidráulica e gasosa. Solos submetidos a preparo indevido por longo tempo, tendem a aumentar as exigências em energia para as mesmas operações.

Considera-se como Rendimento Operacional ou eficiência, a porcentagem do tempo realmente transformada em trabalho, isto porque o trator em operação sofre perdas, originadas por paradas para manutenção, manobras de cabeceira, transporte de máquinas, abastecimento, sobreposição de trabalho, paradas para desembuchamento etc. (VALMET DO BRASIL, 1989).

Um grande número de operações agrícolas, encarece a cultura e também pode favorecer a erosão dos solos. Assim sendo, quanto mais se reduzir o número de operações, mais barata fica a cultura e menos exposto à danificações fica o solo (GALETI, 1981).

KOSTADINOV et al. (1990) criaram um sistema computadorizado para o estudo de tratores pulverizadores. Realizando uma breve análise dos sistemas conhecidos, concluíram que o sistema ideal consiste num microprocessador portátil capaz de medir e registrar o fluxo, a pressão e a velocidade do jato durante o trabalho no campo. Durante o experimento o sistema mediu, calculou e indicou, por seleção, os valores instantâneos para o fluxo, pressão e velocidade. No final do experimento, submetendo os dados coletados em um microcomputador, obtiveram a área total tratada e a taxa de aplicação total do fluído. Um indicador especial mostrou continuamente durante o experimento, se o consumo de fluído caía durante o limite de tempo preestabelecido.

Um sistema baseado em um microprocessador para maximizar a performance de tratores (micro-max), foi desenvolvida por FOX et al.(1990). Micro-max é um sistema inovador que utiliza módulos de "hardware" e ferramentas de pesquisa em "software" para ajudar o pesquisador na aquisição, análise e demonstração de características de operação, em tempo real.

SIEMENS et al. (1990) desenvolveram um programa de seleção e gerenciamento de máquinas agrícolas em linguagem de programação "C" para executar em um microcomputador compatível com IBM/PC. Os dados de entrada do programa consistiram em uma lista de operações desejadas, com data inicial, acres e hectares/dia para cada operação. Outras entradas incluíram rendimento da colheita, disponibilidade e custo de mão de obra e alguns dados econômicos. Os arquivos de armazenamento de dados continham uma lista de preços de máquinas e valores de produtividade, probabilidade de dias de trabalho e constantes de equações para calcular o custo das máquinas. Para diferentes máquinas ou para uma máquina

específica, o programa esquematizava as operações de campo e calculava o custo total relativo às máquinas, incluindo custo da máquina, mão de obra, e tempo. Usando um processo de otimização, foi determinado o mais baixo custo das máquinas e os oito menores custos foram encontrados durante a execução do processo. Para qualquer dos oito menores custos, ou para uma máquina específica, a saída de resultados incluía uma lista de máquinas com preços e uso anual, o esquema de trabalho, o custo de cada operação e o custo total relativo às máquinas.

Um método de CAD (Computer - Aided Design) para determinar os parâmetros de implementos de arrasto e o limite de peso de implementos montados foi desenvolvido por ZHOU et al. (1992). Fizeram o estudo utilizando um trator com tração 4x4 e um implemento agrícola. No experimento o peso do implemento agrícola montado era variado e também a relação derivada do peso padrão e do ângulo formado entre o trator e a ligação, quando o implemento montado estava em sua posição mais alta.

SALEQUE et al. (1990) colocaram um sistema computadorizado em um trator agrícola com tração 4x4 de 10 kW de potência para monitorar parâmetros operacionais durante o trabalho no campo. Os principais parâmetros monitorados foram o torque no eixo do rodado, a velocidade de trabalho, condições predeterminadas de profundidade de trabalho e condições de solo. Usaram um microcomputador para processar os dados coletados no experimento de campo. Os melhores parâmetros operacionais foram calculados para o trator durante o trabalho de campo. Estes parâmetros incluíram deslizamento de rodas, velocidade de deslocamento, eficiência trativa, área trabalhada por unidade de energia e a melhor velocidade de trabalho sem patinamento.

UKHANOV (1992) Fez uma breve análise matemática da potência máxima em cada uma das marchas do motor do trator para determinar o coeficiente de potência útil desse motor. Foram verificados cálculos de potências para vários equipamentos agrícolas experimentais contendo tensiômetros. O método facilitou a utilização ideal da potência do trator com um determinado motor, pela seleção do mais adequado para uma determinada operação agrícola.

Um sistema de avaliação para uso eficiente de equipamentos acoplados em tratores foi discutido por ZANGIEV (1992). Este discutiu, o uso eficiente de recursos (material, mão de obra e combustível), quando usados equipamentos acoplados em tratores. Foi proposto um sistema de priorização para facilitar a escolha ideal de combinações de maquinaria para várias operações agrícolas e condições climáticas. O sistema consistiu em quatorze passos de avaliação, desde requerimentos de energia para uma colheita em particular, seleção da maquinaria, escolha de um regime operacional, até o efeito financeiro total. Ao final foi mostrado um diagrama esquemático contendo a forma para o cálculo do efeito econômico de cada passo.

SAKAI et al. (1989) realizaram testes de potência na TDP (tomada de potência) em dez tratores de 12 a 16 kW de potência no motor, para encontrar o desempenho na TDP do motor de tratores modernos. Os dados de teste para desempenho de potência e torque puderam ser classificados em três padrões típicos cujas diferentes características foram causadas pela adoção de diferentes faixas de torque no motor. Também foram calculados as curvas de consumo de combustível iso-específico e do menor consumo. Desenvolveu-se um sistema de controle ideal para dirigibilidade com a maior eficiência de consumo de combustível. O trator testado tinha um motor de

três cilindros de 12 kW e transmissão hidrostática. Utilizaram no experimento dois motores de reserva operados por um microcomputador PC para controlar a velocidade do motor e a mudança de marcha de acordo com os sinais dos sensores de torque e velocidade no motor.

Visto que o potencial de área agricultável depende extremamente da facilidade de mecanização, surge a necessidade de pesquisas direcionadas para o estudo da ocorrência de dias que ofereçam condições de trabalho no campo. MIALHE (1974), traz uma equação matemática para estimativa do tempo disponível para cada operação.

Segundo ISRAELSEN e HANSEN (1965), o conteúdo de umidade que existe no solo depois da eliminação de água gravitacional se denomina capacidade de campo. A capacidade de campo não pode ser determinada com precisão. No entanto, sua estimativa é de grande utilidade para poder estimar a quantidade de água contida no solo.

Visto que o teor de água do solo influencia as condições de operação com tratores agrícolas, têm sido desenvolvidos vários trabalhos com a finalidade de determinar a probabilidade de ocorrência de dias trabalháveis com tratores agrícolas (ASSIS et al. 1989).

Segundo BOLTON et al. citado por ASSIS et al. (1989), determinaram que a umidade do solo abaixo de 70% e 80% da umidade máxima do solo era fator limitante para a mobilidade do trator agrícola.

FRISBY (1979), considerou não trabalhável o dia em que a umidade do solo fica acima da capacidade de armazenamento de água do solo, ou então, aquele em que a precipitação é igual ou superior a 0,25 mm.

MOREY et al. (1972) consideraram que trabalhável seria o dia que tivesse como valor de precipitação altura

menor que 0,25 mm e o teor de água do solo fosse menor que 95% do valor de "capacidade de campo", nos 15 cm superiores do perfil do solo.

Nas regiões com regime pluviométrico que as caracterize como chuvosas, surge a necessidade de desenvolver estudos relacionados com o teor de água do solo, de modo a poder estimar o número de dias trabalháveis com tratores agrícolas. Entende-se por dia trabalhável, aquele em que o teor de água do solo é menor ou igual a 90% da disponibilidade total de água (SOUZA et al. 1992).

No modelo utilizado por ASSIS et al. (1989), considerou-se como dia favorável ao trabalho de campo o dia em que a água disponível no solo é igual ou inferior a 90% da disponibilidade total de água. Chuvas com altura igual ou superior a 5,0 mm, torna o dia ruim para o trabalho de campo, precipitações de 10,0 mm ou mais, tornam este dia e o dia posterior ruins e dias com precipitações acima de 0,2 mm, cujo dia anterior foi considerado ruim, também será ruim para o trabalho de campo.

AGEDES e MOTA (1986), afirmam que existem inúmeras decisões que um agricultor deve tomar que são dependentes das condições meteorológicas. Entre essas decisões encontra-se a necessidade de prever uma operação agrícola em tempo hábil com a maquinaria disponível. Utilizaram 84% da capacidade de armazenamento de água do solo como parâmetro para avaliação dos dias agronomicamente viáveis.

HETZ e RIQUELME (1989), consideraram dias com precipitações superiores a 1,0 mm, como um dia ruim. Solos que recebem chuvas acumuladas maiores que 30,0 mm necessitam de dois dias sem chuvas para se tornarem trabalháveis. Quando

recebem 300 mm necessitam de quatro dias para realizar as mesmas operações.

Segundo ASSIS et al. (1989), quando a lâmina de água disponível no solo (LAD), em virtude de precipitação ocorrida for maior do que a lâmina total de água que o solo poderia reter, a umidade do solo terá valor igual ao da lâmina total de água disponível do solo e o excesso de precipitação será considerado como perdido por percolação ou por escoamento superficial.

Foi THORNTHWAITE (1948) que utilizou o termo evapotranspiração pela primeira vez, definindo evapotranspiração potencial (ETP) como a perda máxima de água de uma superfície, com umidade próxima à capacidade de campo, completamente revestida por vegetação em fase de desenvolvimento ativo e com dimensões suficientemente grandes para minimizar o efeito oásis.

O termo evapotranspiração de referência ETo , definido como evapotranspiração de uma superfície extensa de gramíneas com 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem restrições hídricas, foi introduzido por DOORENBOS e PRUITT (1977).

SAAD e SCALOPPI (1988) avaliaram onze métodos climatológicos para estimar a ETo , utilizando dados meteorológicos dos Estados Unidos e compararam os resultados com o valor de Eto medido em lisímetros pesáveis de precisão para uma cultura de alfafa, concluindo que o método mais preciso foi o de Penman-Monteith.

SMITH et al. (1991), afirma que embora reconheça o valor histórico do método de Penman e o seu uso universal, o método de Penman-Monteith é considerado o mais preciso, sendo inclusive recomendado como padrão.

O método de Penman-Monteith foi avaliado por PERES (1994), no estado de São Paulo, que constatou que este método estima a ETo de forma consistente e bem correlacionada com os valores medidos em evapotranspirômetros, indicando que este modelo pode ser utilizado com bastante segurança.

...

JONES (1987), afirma que embora o termo gerenciamento de banco de dados seja utilizado em informática, também pode ser aplicado à maneira pela qual a informação é catalogada, armazenada e usada. No centro de qualquer sistema de gerenciamento de informação há um banco de dados. Qualquer agrupamento de informações relacionadas, com um único item, representa um banco de dados.

Segundo CRAIG (1994), o "Visual Basic for Windows" (VB), é um impressionante sistema de programação. O "Visual Basic" tem sido extremamente bem sucedido, e a "Microsoft" fez um ótimo trabalho de atualização na versão 3.0. Simplesmente todas as queixas sobre os poucos problemas de atualizações da versão anterior foram atendidas. O poder, a flexibilidade e a velocidade do "Visual Basic" (VB) estão agora lado a lado com a linguagem "C" e, em termos de produtividade, o "Visual Basic" (VB) é superior.

GUREWICH e GUREWICH (1994), afirma que a animação é um recurso importante e de grande impacto, que pode ser incorporado facilmente a qualquer aplicação em "Visual Basic" (VB). Segundo ele a animação é útil em muitas aplicações, por exemplo, incorporar animações a "software" educativo, tornando o sistema mais atraente para o usuário.

O "Visual Basic" (VB) para JAROL (1995), é um sistema de desenvolvimento completamente extensível. Quase todos os recursos que não são suportados de maneira direta

pelo próprio VB estão disponíveis sob a forma de uma biblioteca de vínculos dinâmicos (DLL - dynamic link library) do "Windows" ou de um controle personalizado, além disso, com o novo sistema de vinculação e incorporação de objetos (OLE - object linking and embedding) do "Windows", programas inteiros podem se transformar em controles personalizados, incorporados a programas desenvolvidos por usuários.

JENNINGS e PERSON (1993) afirmam que o "Microsoft Access" é um novo e poderosíssimo sistema de gerenciamento de banco de dados relacionais projetado especificamente para ser executado no ambiente "Windows". O "Access" praticamente duplica a maior parte dos recursos dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados do tipo cliente-servidor, pioneiros da tendência atual de transferência das aplicações de gerenciamento de bancos de dados existentes em microcomputadores e em sistemas de grande porte (mainframe) para redes de microcomputadores. Ele foi projetado para executar aplicações multiusuários em que arquivos de bancos de dados são compartilhados em redes, incorporando também um sofisticado sistema de segurança contra intrusos que pretenda fazer alterações nos bancos de dados criados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. "Software"

3.1.1.1. "Microsoft Visual Basic" (VB)

Para o desenvolvimento do sistema computadorizado foi adotado como linguagem de programação o "Microsoft Visual Basic 3.0" (VB), "software" que permite a criação de sistemas para serem executados em ambiente "Windows".

O "Visual Basic" (VB) é uma linguagem de programação baseada em objetos e orientada a eventos, tendo como uma de suas características, permitir o desenvolvimento de software complexos muito rapidamente. Os objetos, já pré-definidos, usualmente em linguagem "C", são representados na interface do usuário por janelas, menus, botões de comandos e

quadros de texto. A programação consiste em associar características, procedimentos e funções a estes objetos e a outros não visíveis para o usuário. Uma ação gerada pelo "mouse", teclado ou pelo sistema, recebe a denominação de evento e é relacionada a algum objeto da interface apresentada. Quando o evento ocorre, se existir um procedimento associado a ele, o respectivo código será executado.

3.1.1.2. "Microsoft Access"

Para o armazenamento de alguns dados utilizou-se o "Microsoft Access", por causa de sua estrutura de banco de dados completa. O "Microsoft Access" é um novo e poderoso sistema de gerenciamento de bancos de dados relacionais, projetado especificamente para ser executado no ambiente "Windows".

3.1.1.3. Dbase III Plus

Utilizou-se também nesse trabalho o "Dbase III Plus", por ser um "software" voltado ao ambiente "MS/DOS" e bastante difundido. Estas características facilitarão a confecção de novas tabelas aos futuros usuários do sistema.

3.1.1.4. Aldus PhotoStyler

Após a captura de algumas imagens que são utilizadas no sistema, houve a necessidade de editá-las, retocando algumas falhas decorrentes da captura ou da própria imagem capturada. Para tanto utilizou-se o "software" (Aldus PhotoStyler), que é um editor de imagens.

3.1.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados para a montagem da tabela utilizada pelo sistema para encontrar os dias agronomicamente viáveis, num determinado período do ano, para a região do município de Botucatu-SP, foram obtidos no Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu.

Estes dados continham informações de 01 de janeiro de 1983 a 31 de dezembro de 1993, totalizando 11 anos de dados diários.

As informações utilizadas foram: temperatura média, radiação solar, insolação, velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação.

3.1.3. Capacidade de campo dos solos

A capacidade de campo para cada tipo de solo foi extraída do trabalho de ISRAELSEN e HANSEM (1965), e é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Capacidade de campo de acordo com o tipo de solo (ISRAELSEN e HANSEM (1965)).

Solo	Capacidade de Campo (%)	Média (%)
1. Argiloso	(16 - 20)	18

2. Médio argiloso	(12 - 16)	14
3. Barrento	(10 - 14)	12
3. Médio arenoso	(6 - 10)	8
5. Arenoso	(4 - 6)	5

3.2. Métodos

3.2.1. Capacidade de água disponível

Para calcular a capacidade de água disponível, em cada um dos cinco tipos de solo vistos na Tabela 1. Utilizou-se a expressão de THORNTHWAITE (1955):

$$LAD = \frac{(CC - PM)}{10} \cdot dap \cdot Z$$

em que:

LAD = capacidade de água disponível, mm

CC = capacidade de campo, %, em peso;

PM = ponto de murcha, %, em peso;

dap = densidade do solo, g/cm³;

Z = profundidade do perfil do solo, mm.

Os valores das propriedades físicas dos solos utilizados na expressão acima encontram-se listados na tabela 12 no apêndice.

3.2.2. Evapotranspiração Potencial (ET_o)

O método escolhido para se calcular a evapotranspiração potencial (Eto) foi o método de Penman-Monteith. Segundo SMITH et al. (1991).

3.2.2.1. Método de Penman-Monteith (ETo)

A estimativa de Eto pelo método de Penman-Monteith foi dada pela expressão:

$$ET0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot (Rn - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{Y}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{900}{(Tm + 273)} \cdot V_2 \cdot (es - ea)$$

onde:

ETo = evapotranspiração de referência (mm/dia);

Δ = inclinação da curva de pressão vapor em função da temperatura do ar, kpa/°C;

$$\Delta = \frac{4098 \cdot es}{(Tm + 273,3)^2}$$

es = pressão de saturação de vapor, kpa;

$$es = 0,6108 * 10^{\frac{17,27 \cdot Tm}{Tm + 237,3}}$$

Tm = Temperatura média do ar, °C;

γ = constante psicrométrica modificada, kpa/°C;

$$\gamma = Y \cdot (1 + 0,33 \cdot V_2)$$

$$Y = 0,0016286 * P/\lambda$$

P = pressão atmosférica, kPa;

λ = calor latente de vaporização, MJ/Kg;

$$\lambda = 2,501 - (2,361 * 10^{-3}) \cdot T_m$$

V_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m/s;

Rn = radiação líquida, MJ/m².dia;

$$Rn = Q_s - Q_l$$

Qs = balanço de radiação de ondas curtas,
MJ/m².dia;

$$Q_s = (1 - \alpha) \cdot R_g$$

α = albedo da cultura, 0,23;

Rg = radiação solar global medida, MJ/m².dia;

Ql = balanço de radiação de ondas longas,
MJ/m².dia;

$$Q_l = (0,9 \cdot \frac{I}{N} + 0,1) \cdot (0,34 - 0,14\sqrt{ea}) \cdot \sigma \cdot (T_{kx}^4 + T_{kn}^4) \cdot \frac{1}{2}$$

I = número de horas de insolação;

N = comprimento máximo do dia (horas);

ea = pressão atual de vapor, kPa;

$$ea = es \cdot UR/100$$

σ = constante de Stefan Boltzmann;

$$[4,903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}^4 \cdot \text{dia})]$$

Tkx = temperatura máxima do dia, k;

T_{kn} = temperatura mínima do dia, $^{\circ}C$;

G = fluxo de calor no solo, $[MJ/(m^2.dia)]$;

$$G = 0,38 \cdot (T_m - T_{m-1})$$

T_m = temperatura média do dia, $^{\circ}C$;

T_{m-1} = temperatura média do dia anterior, $^{\circ}C$;

3.2.3. Número de dias agronomicamente viáveis (T_d)

Para determinar o número de dias agronomicamente viáveis, ou seja, o tempo disponível para cada operação num determinado período, fez-se uso da equação matemática proposta por MIALHE (1974):

$$T_d = [N - (N_{dt} + N_u)] \cdot H_j$$

Onde:

T_d = tempo disponível no período considerado em horas;

N = número total de dias do período;

N_{dt} = número de domingos e feriados;

N_u = número de dias úteis úmidos;

H_j = total de horas de jornada dos operadores.

Os valores numéricos das variáveis N e N_{dt} da equação, para um dado período, poderão ser facilmente obtidos consultando calendários. O valor de H_j que depende do número de horas de serviço de cada turno de trabalho e do número de turnos diários estabelecidos para execução da operação,

também é facilmente obtido. Entretanto, a determinação do valor da variável Nu oferece certas dificuldades e apenas poderá ser feita por aproximação estatística. Por essa razão, é impossível obter o tempo disponível exato, mas apenas sua estimativa.

3.2.3.1. Número de dias úteis úmidos (Nu)

Para se encontrar os dias úteis úmidos e também os dias úteis secos, realizou-se as seguintes operações:

- Com os dados meteorológicos diários coletados nos onze anos, calculou-se a evapotranspiração potencial (ET_o) diária, utilizando o método de Penman-Monteith.
- Calculou-se o Balanço Hídrico, segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), utilizando dados de capacidade de água disponível em cada um dos cinco tipos de solo, através do qual encontrou-se a Evapotranspiração Real (ER).
- Com os dados obtidos montou-se uma tabela, para cada um dos cinco tipos de solo, onde foi considerado cada dia do ano independentemente um do outro, isso para os onze anos de dados (1983 a 1993). Então considerou-se como dia bom ou dia trabalhável como 1 e dia ruim ou dia não trabalhável como 0.

As cinco tabelas obtidas para cada tipo de solo seguiram o padrão exposto nas tabelas 2 e 3, onde são apresentados apenas os cinco primeiros dias dos anos:

Tabela 2. Dias trabalháveis e dias não trabalháveis para solo argiloso.

DIA	ANO										
	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
4	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
5	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0

Tabela 3. Dias trabalháveis e dias não trabalháveis para solo barrento.

DIA	ANO										
	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
4	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
5	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0

Para confeccionar estas tabelas, considerou-se como dias trabalháveis com tratores agrícolas, o dia em que a água disponível no solo fosse igual ou inferior a 90% da disponibilidade total de água e quando a precipitação fosse inferior a 5,0 mm.

- Através das tabelas citadas acima, montou-se a tabela que finalmente será utilizada pelo sistema. Esta tabela contém o percentual de chance de um determinado dia do ano ser favorável ao trabalho no campo, para os cinco tipos de solo da Tabela 1.

- Na Tabela 4 apresentam-se os resultados dos 12 primeiros dias do ano. Esses percentuais são calculadas através da soma dos binários de cada dia do ano dividido por 11, que é o número de anos de dados.

Tabela 4. Probabilidades de ocorrência de um dia trabalhável para a região do município de Botucatu-SP.

	SOLO 1	SOLO 2	SOLO 3	SOLO 4	SOLO 5
DIA	Argiloso	Médio	Barrento	Médio	Arenoso
	argiloso			arenoso	
1	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73%	72,73 %
2	90,91 %	90,91 %	90,91 %	90,91 %	90,91 %
3	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %
4	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %
5	54,55 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %
6	54,55 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %
7	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %	72,73 %
8	45,45 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %
9	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64 %
10	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64 %
11	81,82 %	81,82 %	81,82 %	81,82 %	81,82 %
12	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64 %	63,64%

Para que o sistema pudesse acessar essas informações houve a necessidade de convertê-las para o formato de banco de dados. O gerenciador de bancos escolhido foi o "Dbase-III Plus", pela facilidade de manipulação e por ser uma ferramenta bastante difundida, facilitando assim aos futuros usuários que queiram incorporar ao sistema dados de outras regiões.

3.2.4. Cálculo operacional dos conjuntos motomecanizados

3.2.4.1. Rendimento operacional (Ro)

Apresenta-se na tabela 5 os valores médios de rendimento operacional (Ro) de diferentes equipamentos agrícolas. A primeira coluna refere-se a valores de eficiência obtidos no exterior (ASAE D230.3, 1983) e a segunda a valores de eficiência médios obtidos no Brasil (BALASTREIRE, 1987). Da mesma forma são apresentados as faixas de velocidades utilizadas nas operações agrícolas.

Tabela 5. Rendimento operacional (Eficiência) de máquinas agrícolas (BALASTREIRE, 1987).

Equipamento	Velocidade (Km/h)	Ro % exterior	Ro % no país
Máquinas para preparo do solo	4,7-9,7	0,70-0,90	0,69-0,89
Enxada rotativa	1,8-7,2	0,70-0,90	
Cultivador rotativo	9,2-18,0	0,70,0,90	
Cultivadores	2,5-6,5	0,70-0,90	
Aplicação de defensivos e fertilizantes	4,7--7,9	0,60-0,75	
Semeadura com aplicação de fertilizantes e herbicidas	4,7-10,0	0,50-0,85	
Semeadoras de semente miúdas	3,6-10,0	0,65-0,85	0,82
Semeadoras de semente graúda	-	-	0,87
Enfardadoras	3,6-7,9	0,70-0,90	
Colheitadoras de forragens	2,5-6,5	0,50-0,75	0,75
Combinadas	3,2-5,4	0,65-0,80	0,67-0,78
Espigadoras de milho	3,2-5,4	0,60-0,75	
Colheitadoras de algodão	2,5-4,7	0,60-0,75	

3.2.4.2. Capacidade de campo teórica (CCT)

A capacidade de campo teórica foi calculada pela expressão:

$$CCT = \frac{Lct.Vt}{10000}$$

onde:

CCT = capacidade de campo teórica, ha/h;

L_{ct} = largura de corte do implemento, m;

V_t = velocidade de deslocamento, m/h.

3.2.4.3. Capacidade de campo efetiva (CCE)

Para a determinação da capacidade de campo efetiva utilizou-se a expressão fornecida pela régua DITA - Dimensionadora de Implementos e Tratores Agrícolas - da VALMET DO BRASIL (1989):

$$CCE = \frac{L_c \cdot V \cdot R_o}{1000}$$

onde:

CCE = capacidade de campo efetiva, ha/h;

L_c = largura de corte do equipamento, m;

V = velocidade de deslocamento, Km/h;

R_o = Rendimento Operacional, %.

3.2.4.4. Ritmo operacional (R)

O ritmo operacional foi calculado segundo MIALHE (1974):

$$R = A_{tr} / T_d$$

onde:

R = ritmo operacional, ha/h;

Atr = área trabalhada, ha;

Td = Tempo disponível, h.

3.2.4.5. Tempo de trabalho real (Tr)

Para o desenvolvimento do sistema considerou-se como tempo de trabalho real a relação entre a área que deverá ser trabalhada em uma operação pela quantidade de tratores utilizados na operação multiplicado pela capacidade de campo efetiva do equipamento utilizado, conforme VALMET DO BRASIL (1989):

$$Tr = \frac{Atr}{NTr.CCE}$$

onde:

Tr = tempo de trabalho real (horas);

Atr = área a ser trabalhada, ha;

NTr = número de tratores utilizados na operação;

CCE = capacidade de campo efetiva, ha/h.

3.2.4.6. Número de tratores necessários (NTr)

Para se calcular o número de tratores necessários para realizar a operação agrícola no tempo disponível, usou-se uma expressão derivada da expressão do tempo de trabalho real e do ritmo operacional conforme VALMET DO BRASIL (1989):

$$NTr = \frac{R}{CCE}$$

onde:

NTr = número de tratores necessários;

R = ritmo operacional, ha/h;

CCE = capacidade de campo efetiva, ha/h.

OBS: Para fins de arredondamento e aumento da precisão do resultado obtido acrescentou-se à expressão, o fator (+0,99) obtendo-se assim um valor real, do qual é considerado somente a parte inteira, desprezando-se as casas decimais.

3.2.5. Potência útil no motor do trator agrícola (Nm)

No modelo computacional adotou-se o método do Fator "0,86", para encontrar a potência útil no motor ou a potência necessária no motor do trator, para que este tracione o equipamento com segurança.

Para se calcular o valor da potência útil no motor do trator usou-se a expressão:

$$Nm = \frac{Nb}{nb.TdT}$$

onde:

Nm = potência útil no motor, cv ou kW;

Nb = potência útil na barra, cv ou kW;

nb = rendimento na barra de tração (Tabela 6);

TdT = Taxa do tipo de tração (Tabela 7).

Tabela 6. Rendimento na barra de tração em função do Fator "0,86" para cada condição de tração do solo (VALMET DO BRASIL, 1989).

Condição de tração do solo	nb (%)	Fator "0,86"
Concreto	74	$(0,86)^2$
Solo firme máxima	64	$(0,86)^3$
Solo firme - utilizável	55	$(0,86)^4$
Solo arado	47	$(0,86)^5$
Solo solto	40	$(0,86)^6$

Segundo a VALMET DO BRASIL (1989) os tratores com tração nas quatro rodas (4x4), apresentam uma potência útil na barra de tração maior que as de tração simples (4x2), conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7. Taxas de aumento da potência útil na barra de tração para tratores com tração (4x4) em relação aos de tração (4x2), em função da condição de tração do solo (VALMET DO BRASIL, 1989).

Condição de tração do solo	tração 4x4
Solo firme	1,15

Solo arado	1,20
Solo solto	1,30

Assim é que no modelo computacional a potência útil requerida no motor do trator foi corrigida de acordo com as taxas de aumento da potência útil na barra de tração em função da condição de tração do solo.

3.2.6. Potência útil na barra de tração (Nb)

A força de tração desenvolvida pelos tratores agrícolas é gerada devido à ação das rodas motrizes contra o solo. A força de torque ou poder de torção, aplicado no aro das rodas motrizes, é proveniente do motor (MIALHE, 1980).

Para se chegar a equação de cálculo da potência útil na barra de tração utilizou-se a seguinte lei da física mecânica:

$$P = F \cdot V_1$$

sabe-se que:

P = potência, W;

F = força, N;

V₁ = velocidade, m/s.

onde:

a)
$$F = RT + RR$$

$$P = Nb \cdot 1000$$

b)

$$c) \quad V = V_I / 3600$$

dado que:

RT = resistência total do equipamento, N;

RR = resistência ao rolamento do trator, N;

Nb = potência útil na barra de tração, kW;

V = velocidade, km/h.

Substituindo as relações na equação original da lei da física mecânica, obtêm-se a equação adotada no modelo computacional:

$$Nb = \frac{(RT + RR).V}{3600}$$

3.2.7. Resistência ao rolamento do trator (RR)

Para calcular a resistência ao rolamento do trator, foi utilizado no modelo computacional o cálculo prático de (COBO, 1988), dado pela equação:

$$RR = k_r.W$$

onde:

RR = resistência ao rolamento do trator, N;

kr = coeficiente de resistência ao rolamento;

W = peso total do trator, N.

Os valores do coeficiente de resistência ao rolamento (kr), podem ser encontrados na Tabela 8, extraída do gráfico de coeficiente de resistência ao rolamento para tratores com rodados pneumáticos (COBO, 1988), onde são mostrados em função da condição de consistência do solo.

Tabela 8. Coeficiente de resistência ao rolamento em função da condição de consistência do solo (COBO, 1988).

Condição de consistência do Solo	kr
Solo compactado	0,06
Solo firme	0,08
Solo com pequena quantidade de pasto ou cobertura morta	0,10
Solo com grande quantidade pasto ou cobertura morta	0,12
Solo arado	0,15
Solo solto	0,18

3.2.8. Potência requerida pelos equipamentos

O modelo computacional não fez uso desta potência, visto a mesma ser o primeiro termo da equação de cálculo da potência útil na barra de tração, dada por:

$$Nb = \left[\frac{(RT.V)}{3600} + \frac{(RR.V)}{3600} \right]$$

onde:

RT = resistência total do equipamento, N;

V = velocidade km/h.

Como 1 m/s corresponde a 3,6 km/h a expressão citada esta contida no primeiro termo da expressão.

3.2.9. Resistência à Tração ou resistência Total (RT)

A resistência à tração depende do equipamento que vai ser tracionado. Portanto para cada tipo de equipamento, utiliza-se um critério de cálculo específico. A equação da resistência total (ASAE D230.3, 1983) pode ser genericamente dada como:

$$RT = Rc + Rd + Rs$$

onde:

Rc = resistência ao corte, N;

Rd = resistência a declividade do solo, N;

Rs = resistência a condição superficial do solo, N.

No modelo computacional trabalhou-se com apenas seis tipos de equipamentos para se calcular a resistência total, segundo a norma (ASAE D230.3, 1983). São eles:

1. Arado de discos;
2. Arado de aivecas;
3. Grade aradora;
4. Grade niveladora;
5. Cultivador mecânico;

6. Subsolador e Escarificador.

Em todos os seis casos, utilizou-se o método de cálculo fornecido pela Norma ASAE D230.3 (1983).

Essa norma prevê equações que estimam a Resistência ao corte unitário (R_{cu}) ou Resistência ao corte (R_c).

Para cada equipamento a norma propõe uma equação específica. Na norma são apresentadas estimativas dos parâmetros das equações, que são variáveis de acordo com os tipos de solo.

No entanto, para todas as equações (equipamentos), a norma não apresenta as estimativas dos parâmetros de todos os cinco tipos de solos cobertos neste trabalho.

De forma a dispor de dados de todos os tipos de solo, calculou-se estimativas dos dados faltantes, matematicamente, por meio de método de mínimos quadrados, considerando como x uma escala ordinal com valores 1 para solo argiloso, 2 para solo médio argiloso, 3 para solo barrento, 4 para solo médio arenoso e 5 para solo arenoso e uma tendência linear de acordo com essa escala ordinal.

3.2.9.1. Arado de discos

Para arado de discos a equação fornecida pela ASAE D230.3 (1983) utiliza o método de cálculo da resistência específica unitária (R_{cu}). Portanto o cálculo da resistência ao corte do solo (R_c) será dada por:

$$R_c = R_{cu} \cdot A_m$$

onde:

R_{cu} = resistência ao corte unitária, N/cm^2 ;

A_m = área mobilizada no solo, cm^2 .

Para se encontrar a área mobilizada, por um arado de discos, tem-se:

$$A_m = L_c . p$$

onde:

p = profundidade de trabalho (aração média), cm ;

L_c = largura de corte total do equipamento, cm .

dado por:

$$L_c = L_{cu} . n$$

onde:

L_{cu} = largura de corte unitária (1 disco), cm ;

n = número de discos.

No modelo computacional, extraiu-se a largura de corte unitária e a profundidade de trabalho dos discos dos valores contidos na Tabela 9.

Tabela 9. Largura e profundidade de discos para arado de discos.

Diâmetro do disco		Profundidade		Largura de corte	
cm	pol.	cm	pol.	cm	pol.
66,04	26	15,24	6	25,40	10
71,12	28	20,32	8	30,40	12
76,20	30	25,40	10	33,60	14
81,28	32	30,40	12	40,60	16
86,36	34	33,60	14	45,70	18
91,54	36	40,60	16	50,80	20

Para se calcular a resistência ao corte unitária (R_{cu}), de um arado de discos, tem-se a equação dada pela ASAE D230.3 (1983) :

$$R_{cu} = a + b.v^2$$

onde:

V = velocidade de deslocamento, Km/h.

Os valores das estimativas de " a " e " b " são apresentados na Tabela 10.

3.2.9.2. Arado de aivecas

As equações da resistência ao corte do solo (R_c) e da área mobilizada (A_m) são as mesmas, só que nesta os

valores de largura de corte unitária (**Lcu**) e profundidade de trabalho (P), são dados entrados pelo usuário do sistema. A resistência ao corte unitária (Rcu) é calculada através da equação:

$$Rcu = c + d.v^2$$

onde:

V = velocidade de deslocamento, km/h.

Os valores estimados de "c" e "d" encontram-se na Tabela 10.

3.2.9.3. Grade aradora

Para a grade aradora de discos, o valor da resistência ao corte (Rc) é obtido em função da massa da grade aradora (kg), conforme a expressão:

$$Rc = g.m$$

onde:

m = massa da grade em quilogramas, kg.

Os valores estimados de "g" são apresentados na Tabela 10.

3.2.9.4. Grade niveladora

A metodologia empregada é a mesma utilizada para a grade de discos aradora. O valor da resistência ao corte é calculada em função da massa (kg) da grade niveladora.

3.2.9.5. Cultivador mecânico

Para se calcular a resistência ao corte (R_c) do cultivador mecânico utilizou-se a equação fornecida pela norma ASAE D230.3, onde é considerada uma profundidade de trabalho de 8,26 cm. A resistência ao corte (R_c) é apenas de uma haste do cultivador, devendo este resultado ser multiplicado pelo número de hastes do equipamento. A equação original é:

$$R_c = e + f.V$$

onde:

V = velocidade de deslocamento, km/h.

A equação utilizada pelo sistema computadorizado, sofre uma pequena modificação. Os valores dos termos " e " e " f " são divididos pela profundidade padrão e multiplicados pela nova profundidade de trabalho. Toda a equação é então multiplicada pelo número de hastes do Cultivador mecânico obtendo-se a resistência ao corte total (R_c de todas as hastes):

$$R_c = \left(\frac{e.P}{8,26} + \frac{f.P}{8,26}.V \right).Nh$$

onde:

P = profundidade de trabalho, cm;

V = velocidade de deslocamento, km/h;

N_h = número de hastes do escarificador.

As estimativas dos valores dos termos " e " e " f " são apresentados na Tabela 10.

No cálculo da largura de corte (L_c) do cultivador mecânico, utilizou-se a equação:

$$L_c = N_h \cdot e \cdot h$$

onde:

N_h = número de hastes;

$e \cdot h$ = espaçamento entre as hastes, cm;

3.2.9.6. Subsolador e Escarificador

Segundo a norma ASAE D230.3, o cálculo da resistência ao corte (R_c) é dada em função do número de hastes do subsolador ou escarificador:

$$R_c = R_{cu} \cdot n$$

onde:

n = número de hastes do equipamento (subsolador ou escarificador).

Para calcular a largura de corte (L_c) do subsolador ou escarificador no modelo computacional, utilizou-se a mesma equação usada para o cálculo da largura de corte do cultivador mecânico:

$$Lc = Nh.eeh$$

onde:

Nh = número de hastes;

eeh = espaçamento entre as hastes, cm.

Para calcular a resistência ao corte unitária (Rcu) de para um subsolador ou escarificador, tem-se a equação fornecida pela ASAE D230.3 (1983):

$$Rcu = j.P$$

onde:

P = profundidade de trabalho, cm.

Os valores estimados de "j" para equipamentos com hastes com e sem asas, são apresentados na Tabela 10.

Na Tabela 10 apresenta-se as estimativas dos parâmetros das equações para os diversos tipos de solo, fornecidos pela norma ASAE D230.3. As estimativas entre parênteses foram calculadas matematicamente pelo método descrito anteriormente.

Tabela 10. Valores para estimativa da Resistência ao corte unitário (Rdu) e Resistência ao corte (Rc) (ASAE D230.3, 1983).

Equipamento	Termos	Solo argiloso	Solo médio argiloso	Solo barrento	Solo médio arenoso	Solo arenoso
Arado de discos	a	(6,6)	5,2	(3,8)	2,4	(1,0)
	b	(0,036)	0,039	(0,042)	0,045	(0,048)
Arado de aivecas	c	(7,5)	7,0	3,0	2,8	2,0
	d	(0,058)	0,049	0,032	0,013	0,013
Grades aradora e niveladora	g	14,7	(12,8)	11,7	7,8	(6,3)
Cultivador mecânico	e	527	480	520	(502)	(498)
	f	36,1	48,1	49,2	(57,6)	(64,1)
Subsolador e Escarificador	j s. asas	(203)	175	(148)	120	(93)
	j c. asas	(325)	280	(235)	190	(163)

3.2.10. Fatores de majoração da potência útil

Entre os fatores que afetam a determinação da potência útil dos tratores agrícolas, os principais são:

- Resistência devido a declividade do solo (Rd).
- Resistência à condição superficial do solo (Rs).

Estes fatores agem de maneira desvantajosa sobre a tração dos tratores, aumentando a resistência à tração dos equipamentos tracionados.

3.2.10.1. Resistência à declividade do solo (R_d)

No modelo computacional utilizou-se para cálculo da resistência à declividade do solo (R_d), a equação fornecida por (SAAD, 1983):

$$R_d = P_i \cdot R_{du}$$

onde:

R_d = resistência a declividade do solo, N.

P_i = Peso do equipamento, t;

R_{du} = perda de tração unitária N/t.

Analisando-se os dados apresentados no trabalho de SAAD (1983), estima-se R_{du} por meio da expressão:

$$R_{du} = 90 \cdot D$$

onde:

D = declividade do solo, %.

3.2.10.2. Resistência a condição superficial do solo (R_s)

Com a finalidade de calcular a resistência à condição superficial do solo (R_s), usou-se no modelo computacional a equação baseada na (Tabela 11), extraída de SAAD (1983), que afirma que nos solos cheios de torrões, ou lamacentos, ou macios, a resistência é maior que em um terreno firme.

$$R_s = P_i . R_{su}$$

onde:

P_i = peso do equipamento, t;

R_{su} = resistência superficial unitária, N/T.

Tabela 11. Perda de tração em (N/t) em função da condição superficial do solo (SAAD, 1983).

Superfície do Solo	R_{su} (N/t)
Solo firme e liso	0
Solo regular	210
Solo ruim	450

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A listagem dos programas, componentes do modelo computadorizado, bem como seus módulos executáveis encontram-se no Apêndice.

4.1. Considerações sobre o modelo computadorizado

Visto que o modelo computacional proposto sofre influência de fatores físicos referentes ao tipo de solo, a dados climatológicos da região, como também matemáticos (técnicas de regressão) na realização do processo interativo, é passível de entendimento que a adoção de diferentes tipos e condições de solo em diferentes períodos de trabalho, considerando-se diferentes taxas de ocorrência de dias agronomicamente bons (trabalháveis no campo), pode gerar resultados discrepantes àqueles obtidos através de cálculos manuais utilizando-se dados de outras regiões.

A discussão aqui apresentada procura então demonstrar todos os passos de funcionamento e cálculos do modelo computacional proposto, comparando este com o cálculo

manual que, sem duvida, é muito trabalhoso e demorado, evitando assim uma rápida recalculagem dos dados.

Caso deseje-se melhorar o dimensionamento, mudando-se alguns dos fatores de cálculo, isto não é problema para o sistema computacional, pois a cada alteração de parâmetros em tempo de execução do módulo selecionado, os resultados são atualizados.

4.2. Módulo de entrada e saída do sistema



Figura 4. Módulo de entrada e saída do sistema.

Para se entrar e sair do sistema computadorizado, sempre irá passar pelo módulo de entrada e saída, onde o botão do tipo interruptor na posição "on" ligará o sistema e colocado na posição "off" sairá do mesmo (Figura 12).

4.3. Módulo de apresentação do sistema

Através do módulo mostrado Figura 5, é realizada a apresentação do sistema computadorizado. Este módulo utilizando-se de recursos de animação do Visual Basic, torna-se um complemento do módulo de entrada, introduzindo o usuário ao sistema. Este módulo como "default"*, já vem ativado, mas pode-se torná-lo inativo se necessário, através de <Opções>, na barra de menu.



Figura 5. Módulo de apresentação do sistema.

4.4. Módulo do menu principal

No módulo do menu principal pode-se acessar os módulos de trabalho contidos no sistema, através da barra de menu ou através da barra de ferramentas de trabalho (Figura 6).

A barra de ferramentas de trabalho contém botões com ícones¹ representando graficamente cada operação a ser executada. Passando-se o cursor do "mouse"² sobre cada um dos botões, aparecerá nesse módulo, em sua parte inferior uma barra de mensagem que indicará ao usuário, através de mensagens a finalidade primeira do botão que estiver sob o cursor do "mouse" (figura 7).



Figura 6. Barra de menu e barra de ferramentas de trabalho.

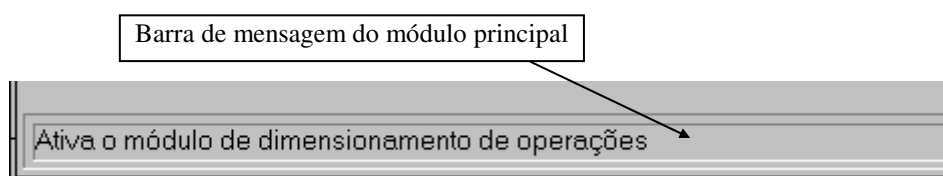


Figura 7. Barra de mensagem.

4.4.1. Barra de ferramentas de trabalho

* Termo bastante utilizado na área de informática, que significa configuração inicial ou configuração padrão.

¹ Figura que representa graficamente uma operação.

A barra de ferramentas de trabalho contém quinze botões ilustrados através de ícones, que ao serem pressionados pelo cursor do "mouse", ativam módulos específicos de trabalho dentro do sistema, como mostrado na Figura 8.

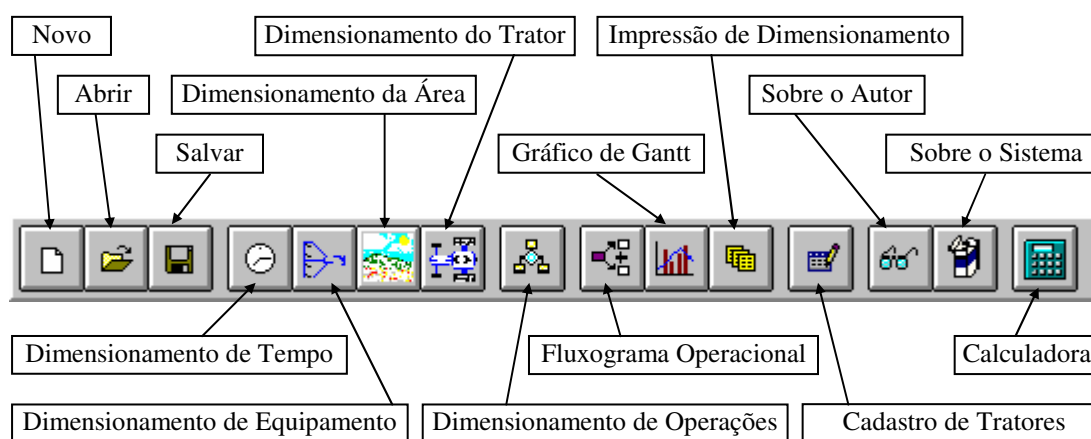


Figura 8. Botões da barra de ferramentas de trabalho.

4.4.2. Barra de menu principal

Através da barra de menu principal, consegue-se acessar todas as funções contidas na barra de ferramentas de trabalho, através dos menus que são abertos (Figura 9) ao se pressionar uma de suas opções. O acesso ao sistema através da barra de menu, pode ser feito tanto pelo cursor do "mouse" como também pelo teclado, usando-se a tecla <ALT> e as setas. A barra de menu também permite a configuração de alguns parâmetros do sistema (Figura 10), o que não pode ser executado pela barra de ferramentas de trabalho.

² Apontador ou flecha que move-se na tela acompanhando o movimento da mão com o mouse.

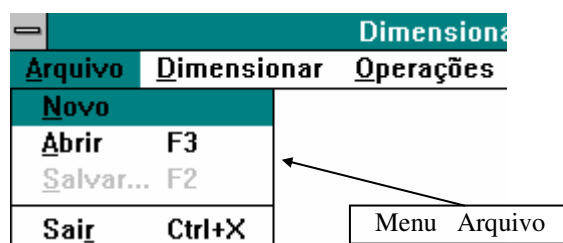


Figura 9. Menu arquivo, aberto na barra de menu.

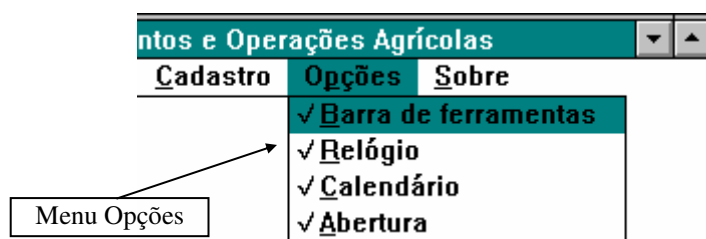


FIGURA 10. Menu opções, aberto na barra de menu.

4.5. Dimensionando o tempo



Para se dimensionar o tempo disponível para uma operação agrícola para a região do município de Botucatu através do modelo computacional tem-se o módulo dimensionamento do tempo (Figura 11).

Dimensionamento de Tempo

Data inicial do período: 10 02 96

Data final do período: 10 04 96

Percentual de ocorrência de um dia bom, que se deseja trabalhar: 60

Número de horas diárias de trabalho: 10

Calendário agrônômico

10 / 02 / 96	- Sabado
11 / 02 / 96	- Domingo
12 / 02 / 96	-
13 / 02 / 96	-
14 / 02 / 96	-
15 / 02 / 96	-
16 / 02 / 96	-
17 / 02 / 96	- Sabado
18 / 02 / 96	- Domingo

DUPLO CLIQUE marca feriados

Tipo de solo

☐ Solo argiloso
☐ Solo médio argiloso
☒ Solo barrento
☐ Solo médio arenoso
☐ Solo arenoso

RESULTADOS

Número de dias totais: 61

Dias agronomicamente viáveis: 47

Total de horas disponíveis: 470

Calendário Recalcular Limpar Fechar

Efetua os cálculos

Figura 11. Módulo de dimensionamento de tempo.

Para se chegar aos resultados mostrados, o modelo passa pelos seguintes passos:

- Calculou-se o número de dias totais, subtraindo-se a data inicial (10/02/96) da data final (10/04/96) que é igual a 61 dias.
- Calculou-se o número de domingos e feriados marcados no calendário agrônômico, que totalizou 9 dias, então subtraiu-se esse valor do número de dias totais, gerando o valor de 52 dias.
- Por meio de pesquisa da tabela de probabilidade de ocorrência de dias agronomicamente viáveis para cinco

tipos de solos, gerada através de métodos estatísticos, que é acessada pelo modelo computacional, considerando-se o percentual de ocorrência de um dia bom que se deseja trabalhar como 60% em solo barrento, obteve-se o número de 5 dias ruins, ou dias úmidos não trabalháveis, que foi subtraído dos 52 dias encontrados acima, obtêm-se 47 dias agronomicamente viáveis.

- multiplicando-se então os 47 dias pelas 10 horas de trabalho diário obteve-se então 470 horas totais para se efetuar a operação agrícola.

4.6. Dimensionando a área



Através do módulo de dimensionamento de área (Figura 12) pode-se dimensionar a área em função do tempo disponível para uma determinada operação, selecionando-se alguns parâmetros no módulo:

- número de horas disponíveis para a operação;
- número de tratores utilizados na operação;
- largura de corte total do implemento;
- velocidade de deslocamento do conjunto;
- rendimento operacional (Eficiência).

Dimensionamento de Área

Total de horas disponíveis para a operação: 470

Número de tratores utilizados na operação: 1

Largura de corte total do implemento

1,8 m

Velocidade do conjunto mecanizado

6,5 Km/h

Rendimento operacional

80 %

RESULTADOS

Área que será efetivamente trabalhada: 406,1 ha

Área trabalhada com eficiência = 100%: 507,6 ha

Capacidade de campo efetiva: 0,864 ha/h

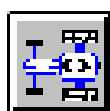
Capacidade de campo teórica: 1,079 ha/h

Entre com o total de horas disponíveis para a operação

X Fechar

Figura 12. Módulo de dimensionamento de área.

4.7. Dimensionando o trator



Pelo módulo de dimensionamento de tratores (Figura 13), pode-se determinar a potência útil no motor do trator e a potência útil na barra de tração, para que o trator possa realizar um determinado trabalho em condições predeterminadas, com maior segurança e com menor dispêndio de potência.

- para a condição de tração do solo igual a solo arado, segundo a Tabela 6, o do rendimento na barra de tração η_b é igual a 0,47;
- para a condição de consistência do solo igual a solo arado, segundo a Tabela 8, o coeficiente de resistência ao rolamento do trator k_r é igual a 0,15;

Dimensionamento de Trator

Condição de tração do solo

☐ Solo firme ☒ Solo arado ☐ Solo solto

Condição de consistência do solo

☐ Solo compactado
☐ Solo firme
☐ Solo com pequena quantidade de pasto ou cobertura morta
☐ Solo com grande quantidade de pasto ou cobertura morta
☒ Solo arado
☐ Solo solto

Tipo de tração

☒ Tração 4 x 2
☐ Tração 4 x 2 TDA
☐ Tração 4 x 4

Unidade de peso: ☒ N ☐ Kgf

Peso do trator

51000 N

Velocidade recomendada

5,5 Km/h

Resistência total

14850 N

RESULTADOS

Resistência ao rolamento: 7650 N

☒ kW ☐ cv **Unidade de força**

Potência na barra de tração: 34,38 kW

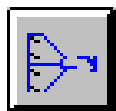
Potência calculada no motor: 73,14 kW

Selecione o peso do trator em (N) ou (Kg)

Fechar

Figura 13. Módulo para dimensionamento de trator.

4.8. Dimensionando os equipamentos



Ao se acessar o módulo de dimensionamento de equipamento, o modelo computacional oferece ao usuário a opção de se selecionar o tipo do equipamento agrícola desejado que será dimensionado. Essa escolha pode ser feita entre os seis tipos de equipamentos estudados, Arado de discos, Arado de aivecas, Grade aradora, Grade niveladora, Cultivador mecânico, Escarificador e Subsolador. Os equipamentos em questão, são ilustrados no próprio módulo de dimensionamento (Figura 14), o que facilita a escolha.



Figura 14. Módulo para seleção de tipo de equipamento.

4.8.1. Dimensionando o arado de discos

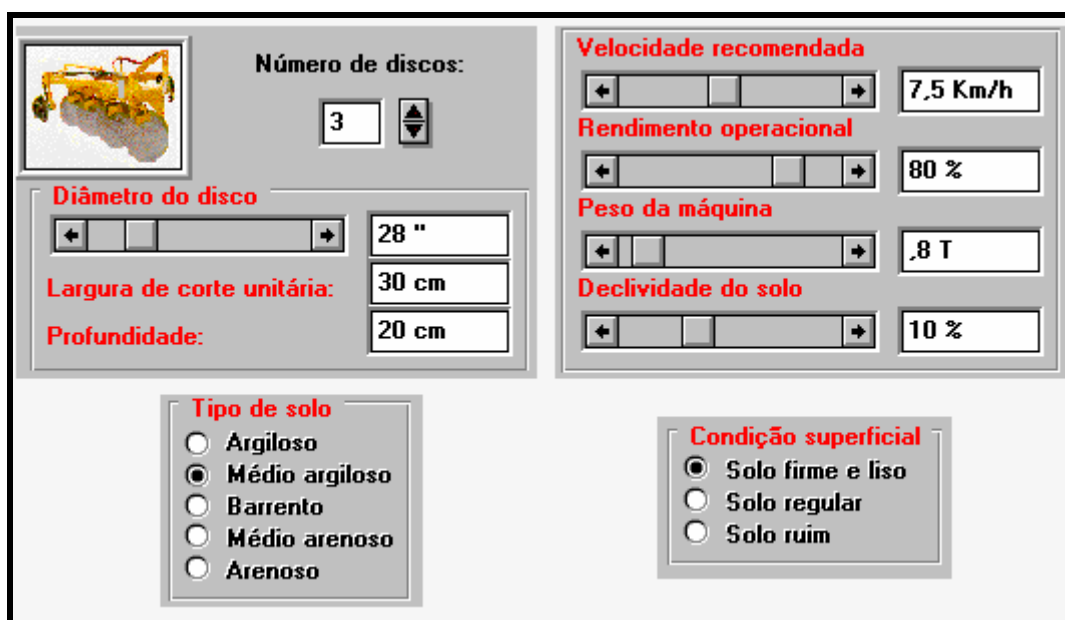
O quadro contendo os resultados do dimensionamento do equipamento arado de discos é mostrado na Figura 15.

RESULTADOS	
Largura de corte:	90,00 cm
Área mobilizada:	1800,00 cm ²
Capacidade de campo efetiva:	0,540 ha/h
Resistência específica do solo:	7 N/cm ²
Resistência ao corte:	13309 N
Resistência a declividade:	720 N
Resist. a condição superficial do solo:	0 N
Resistência total:	14029 N

Figura 15. Resultados do módulo de dimensionamento de arado de discos.

Para encontrar-se os valores do dimensionamento do arado de discos mostrados na Figura 15, efetuou-se no modelo computacional os seguintes passos:

- através dos botões de seleção contidos no módulo, ajusta-se os dados de entrada, número de discos, velocidade recomendada, diâmetro do disco, largura de corte unitária, profundidade de trabalho, rendimento operacional, tipo de solo, declividade do solo, peso da máquina e condição superficial do solo, essas entradas estão ilustradas na Figura 16.



Número de discos: 3

Diâmetro do disco: 28 "

Largura de corte unitária: 30 cm

Profundidade: 20 cm

Velocidade recomendada: 7,5 Km/h

Rendimento operacional: 80 %

Peso da máquina: ,8 T

Declividade do solo: 10 %

Tipo de solo

- ☐ Argiloso
- ☒ Médio argiloso
- ☐ Barrento
- ☐ Médio arenoso
- ☐ Arenoso

Condição superficial

- ☒ Solo firme e liso
- ☐ Solo regular
- ☐ Solo ruim

Figura 16. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de arado de discos.

4.8.2. Dimensionando o arado de aivecas

Os resultados do dimensionamento do equipamento arado de aivecas é mostrado no quadro de resultados ilustrado na Figura 17.

RESULTADOS	
Largura de corte:	90,00 cm
Área mobilizada:	1800,00 cm ²
Capacidade de campo efetiva:	0,396 ha/h
Resistência específica do solo:	2 N/cm ²
Resistência ao corte:	3966 N
Resistência a declividade:	540 N
Resist. a condição superficial:	158 N
Resistência total:	4663 N

Figura 17. Resultados do módulo de dimensionamento de arado de aivecas.

Para encontrar-se os valores do dimensionamento do arado de aivecas mostrados na Figura 17, efetuou-se no modelo computacional os seguintes passos:

- através dos botões de seleção contidos no módulo de dimensionamento de arado de aivecas, ajusta-se os dados de entrada, número de corpos, velocidade recomendada, largura de corte unitária, profundidade de trabalho, rendimento operacional, tipo de solo, declividade do solo, peso da máquina e condição superficial do solo, essas entradas estão ilustradas na Figura 18.



Número de corpos:
3

Largura de corte unitária
30 cm

Profundidade de trabalho
20 cm

Velocidade recomendada
5,5 Km/h

Rendimento operacional
80 %

Peso da máquina
75 T

Declividade do solo
8 %

Tipo de solo

- ☐ Argiloso
- ☐ Médio argiloso
- ☐ Barrento
- ☐ Médio arenoso
- ☒ Arenoso

Condição superficial

- ☐ Solo firme e liso
- ☒ Solo regular
- ☐ Solo ruim

Figura 18. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de arado de aivecas.

4.8.3. Dimensionando grades aradora e niveladora

Os resultados do dimensionamentos de grade aradora e grade niveladora são mostrados no quadro de resultados ilustrado na Figura 19.

RESULTADOS	
Peso da máquina:	0,90 T
Capacidade de campo efetiva:	1,024 ha/h
Resistência ao corte:	13539 N
Resistência a declividade:	1215 N
Resist. a condição superficial:	0 N
Resistência total:	14754 N

Figura 19. Resultados do módulo de dimensionamento de grade aradora e grade niveladora.

Para encontrar-se os valores do dimensionamento de grade aradora e grade niveladora mostrados na Figura 19, efetuou-se no modelo computacional os seguintes passos:

- através dos botões de seleção contidos no módulo, ajusta-se os dados de entrada, massa da grade, velocidade recomendada, largura de corte, rendimento operacional, tipo de solo, declividade do solo e condição superficial do solo, essas entradas estão ilustradas na Figura 20.



Entrada	Valor
Massa da grade	900 Kg
Largura de corte	210 cm
Velocidade recomendada	6,5 Km/h
Rendimento operacional	75 %
Declividade do solo	15 %

Condição superficial

☒ Solo firme e liso
 ☐ Solo regular
 ☐ Solo ruim

Tipo de solo

☒ Argiloso
 ☐ Médio argiloso
 ☐ Barrento
 ☐ Médio arenoso
 ☐ Arenoso

Figura 20. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de grade aradora e grade niveladora.

4.8.4. Dimensionando o cultivador mecânico

O quadro contendo os resultados do dimensionamento do equipamento cultivador mecânico é mostrado na Figura 21.

RESULTADOS	
Largura de corte:	210,00 cm
Capacidade de campo efetiva:	0,588 ha/h
Resistência ao corte:	12511 N
Resistência a declividade:	450 N
Resist. a condição superficial:	210 N
Resistência total:	13171 N

Figura 21. Resultados do módulo de dimensionamento de cultivador mecânico.

Para encontrar-se os valores do dimensionamento do cultivador mecânico mostrados na Figura 21, efetuou-se no modelo computacional os seguintes passos:

- através dos botões de seleção contidos no módulo, ajusta-se os dados de entrada, número de hastes, profundidade de trabalho, espaçamento entre hastes, velocidade recomendada, peso da máquina, rendimento operacional, tipo de solo, declividade do solo e condição superficial do solo, essas entradas estão ilustradas na Figura 22.



Número de hastes:

6

Profundidade de trabalho

25 cm

Espaçamento entre hastes

35 cm

Velocidade recomendada

3,5 Km/h

Rendimento operacional

80 %

Peso da máquina

1 T

Declividade do solo

5 %

Condição superficial

☐ Solo firme e liso

☒ Solo regular

☐ Solo ruim

Tipo de solo

☐ Argiloso

☐ Médio argiloso

☐ Barrento

☒ Médio arenoso

☐ Arenoso

Figura 22. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de cultivador mecânico.

4.8.5. Dimensionando o subsolador e escarificador

Os resultados do dimensionamento dos equipamentos subsolador e escarificador são ilustrado na Figura 23.

RESULTADOS	
Largura de corte:	200,00 cm
Capacidade de campo efetiva:	0,640 ha/h
Resistência específica do solo:	5745 N/cm ²
Resistência ao corte:	22980 N
Resistência a declividade:	126 N
Resist. a condição superficial:	315 N
Resistência total:	23421 N

Figura 23. Resultados do módulo de dimensionamento de subsolador e escarificador.

Para encontrar-se os valores do dimensionamento do subsolador ou escarificador mostrados na Figura 23, efetuou-se no modelo computacional os seguintes passos:

- através dos botões de seleção contidos no módulo, ajusta-se os dados de entrada, número de hastes, largura da ponteira, profundidade de trabalho, espaçamento entre hastes, velocidade recomendada, peso da máquina, rendimento operacional, tipo de solo, declividade do solo, ponteira com ou sem asas e condição superficial do solo, essas entradas estão ilustradas na Figura 24.



Número de hastes:
4

Largura da ponteira
6 cm

Profundidade de trabalho
30 cm

Espaçamento entre hastes
50 cm

Velocidade recomendada
4 Km/h

Rendimento operacional
80 %

Peso da máquina
.7 T

Declividade do solo
2 %

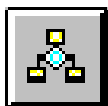
Ponteira com asas
☐ Sim ☒ Não

Condição superficial
☐ Solo firme e liso
☐ Solo regular
☒ Solo ruim

Tipo de solo
☐ Argiloso
☐ Médio argiloso
☒ Barrento
☐ Médio arenoso
☐ Arenoso

Figura 24. Entradas de dados do módulo de dimensionamento de subsolador e escarificador.

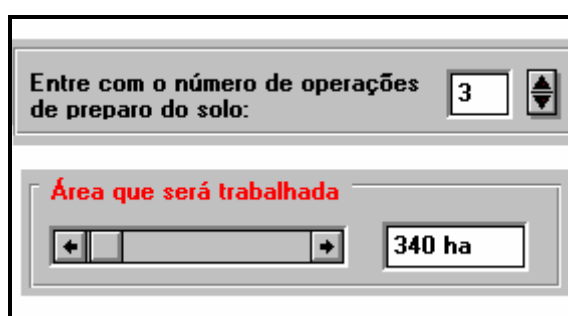
4.9. Dimensionando operações agrícolas



Ao se acessar o módulo de dimensionamento de operações é ativada uma sequência onde todos os módulos de dimensionamentos vistos anteriormente de forma independente, são chamados novamente. Só que, desta vez, os valores selecionados e calculados em um dos submódulos do dimensionamento de operações é armazenado pelo sistema e considerado nos passos seguintes.

Quando se entra no módulo de dimensionamento de operações, é mostrado o primeiro submódulo, onde entre alguns dos dados que são requisitados pelo sistema tem-se o número de operações que se deseja dimensionar e a área que será trabalhada em hectares (ha).

As entradas de dados são ilustradas na Figura 25.



Entre com o número de operações de preparo do solo: 3

Área que será trabalhada 340 ha

Figura 25. Quadros de entradas de dados contidos no primeiro submódulo do dimensionamento de operações.

4.9.1. Selecionando os tratores para a operação

Para selecionar os tratores que serão utilizados nas operações, o modelo computacional possui um submódulo do dimensionamento de operações, mostrado na Figura 26, onde o usuário pode selecionar os tratores desejados, dentro de uma lista de tratores disponíveis no mercado, que é fornecida pelo sistema. Esta lista também pode ser atualizada dentro do modelo computacional, através de um módulo exclusivo para esta tarefa.

The screenshot shows a software window titled "Dimensionamento de Operações". It contains a table of "Tratores cadastrados" (Registered Tractors) with columns for Marca, Modelo, Pot. kW, Tração, Peso s/ Lastro, and Peso c/ Lastro. Below the table is a section for "Tratores selecionados" (Selected Tractors) with a grid for selection. There are buttons for "Filtrar", "OK", and "Fechar".

	Marca	Modelo	Pot. kW	Tração	Peso s/ Lastro	Peso c/ Lastro
0	AGRALE	BX 4.130	85.3	4x4	4880	7000
1	AGRALE	4300 HSE-24	26.5	4x2	1720	2205
2	AGRALE	4200/24	26.5	4x2	1420	1820
3	AGRALE	BX 60	41.4	4x2	2472	2870
4	AGRALE	4300 HSE-28	26.5	4x2	1720	2205
5	AGRALE	4200/28	26.5	4x2	1420	1820

DUPLO CLIQUE - seleciona trator

Tratores selecionados

CLIQUE - para remover um trator

Filtrar

OK Fechar

Selecione os tratores que serão utilizados nas operações

Figura 26. Submódulo para seleção de tratores.

No submódulo de seleção dos tratores, o usuário pode filtrar as potências dos tratores que são mostrados na lista de tratores cadastrados, de forma que esta só mostre

tratores que possuam uma potência que esteja dentro da faixa selecionada. Quando ativado, o botão <Filtrar> chama um quadro onde o usuário seleciona a faixa de potência, entrando com a menor e com a maior potência desejadas. Este quadro é ilustrado na Figura 27.

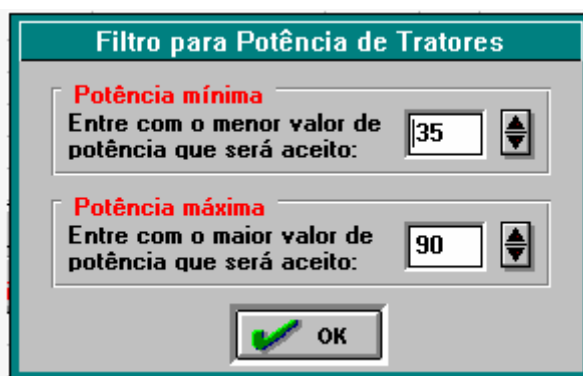
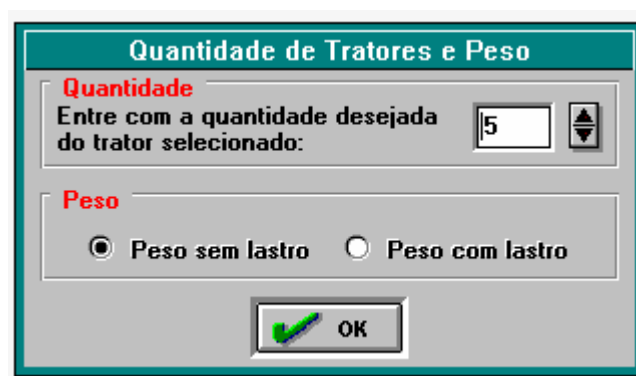
A interface de usuário para filtrar tratores por potência. O título do quadro é "Filtro para Potência de Tratores". Há duas seções de entrada: a primeira, rotulada "Potência mínima", pede "Entre com o menor valor de potência que será aceito:" e contém um campo de texto com o valor "35" e um botão de setas para cima e para baixo; a segunda, rotulada "Potência máxima", pede "Entre com o maior valor de potência que será aceito:" e contém um campo de texto com o valor "90" e um botão de setas para cima e para baixo. No canto inferior direito, há um botão "OK" com um ícone de marca de seleção verde.

Figura 27. Quadro do filtro para potência de tratores.

Dentro do módulo de dimensionamento de operações, quando um trator é selecionado através do cursor do mouse ou através do teclado, o sistema ativa um quadro onde o usuário informa a quantidade desejada do trator selecionado e também informa se o peso do trator que será utilizado nos cálculos de dimensionamento de operações é com o trator com lastro ou sem lastro (Figura 28). Caso o trator selecionado não possua um dos pesos mencionados, o modelo computacional, assume automaticamente o outro (com lastro ou sem lastro), mesmo que o usuário insista no peso não cadastrado.



The image shows a software dialog box titled "Quantidade de Tratores e Peso". It has a teal header bar. Below the header, there are two main sections. The first section, labeled "Quantidade" in red, contains the text "Entre com a quantidade desejada do trator selecionado:" followed by a text input field containing the number "5" and a small spinner button to its right. The second section, labeled "Peso" in red, contains two radio buttons: "Peso sem lastro" (which is selected, indicated by a filled circle) and "Peso com lastro" (which is unselected, indicated by an empty circle). At the bottom of the dialog box is an "OK" button with a green checkmark icon to its left.

Figura 28. Quadro de seleção de quantidade de tratores e peso.

4.9.2. Selecionando o equipamento para a operação

Após a seleção de todos os tratores que são utilizados nas operações agrícolas, o modelo computacional mostra um novo submódulo do dimensionamento de operações, onde o usuário seleciona e dimensiona os equipamentos para as operações (Figura 29).

Através deste submódulo, o sistema permite que o usuário selecione os equipamentos que serão utilizados nas operações, um para cada uma das operações agrícolas, permitindo o acesso ao dimensionamento do mesmo. O dimensionamento do equipamento utilizado pode ser refeito, se necessário, bastando a utilização dos botões <Voltar> e <Avançar> operações.

Após o dimensionamento de um equipamento o modelo computacional mostra um outro quadro, onde o usuário informa a condição de tração do solo e a condição de consistência do mesmo, quadro ilustrado na Figura 30.

Ao se completar o dimensionamento de todos os equipamentos utilizados nas operações, o sistema avisa que já possui os dados necessários para efetuar os dimensionamentos das operações, por meio de uma caixa de mensagem e com ativação do botão <OK>.



Figura 29. Submódulo de seleção e dimensionamento de equipamento para a operação.

Figura 30. Quadro para entrada da condição de tração do solo e sua consistência.

4.9.3. Apresentando os dimensionamentos

Para a finalização do dimensionamento das operações agrícolas o modelo computacional ativa mais um submódulo, onde são efetuados mais alguns cálculos e mostrados os resultados finais do dimensionamento de operações em três quadros distintos (Figura 31, Figura 32 e Figura 33). Os novos cálculos efetuados são:

1. Ritmo operacional;
2. Número de tratores necessários;
3. Tempo real necessário;
4. Diferença de potência.

Equipamento	
Nome:	Arado de Aivecas
Largura de corte:	105,00 cm
Área mobilizada:	2100,00 cm ²
Peso do equipamento:	0,80 T
Capacidade de campo efetiva:	0,462 ha/h
Resist. específica do solo:	6,308 N/cm ²
Resistência ao corte:	13246 N
Resistência a declividade:	720 N
Resist. a condição superficial:	0 N
Resistência total:	13966 N

Figura 31. Quadro de resultados do dimensionamento do equipamento utilizado na operação.

No quadro Equipamento, mostrado na Figura 31, que está contido no submódulo final do dimensionamento de operações, são mostrados todos os resultados referentes ao dimensionamento do equipamento que foi utilizado na operação cujo número está indicado no quadro Operação (Figura 32).

No quadro Trator, mostrado na Figura 33, também contido no submódulo final do dimensionamento de operações, tem-se todos os resultados referentes aos tratores que foram selecionados no submódulo de seleção de tratores mostrado na Figura 16. Através do quadro Trator o modelo computacional permite ao usuário visualizar o dimensionamento de todos os tratores e desta maneira verificar quais foram aprovados, quais foram reprovados e quais estão com sobra de potência para a operação agrícola indicada no quadro Operação (Figura 33).

Trator	
Marca e modelo:	MULLER / TM14
Velocidade do conjunto mecanizado:	5,50 Km/h
Peso do trator: ☒ N ☐ Kgf	67836 N
Resistência ao rolamento:	10175 N
Potência na barra: ☒ kW ☐ cv	31,35 kW
Potência de ensaio do trator:	99,30 kW
Potência calculada no motor:	57,00 kW
Diferença de potência:	42,30 kW
APROVADO ? ← → ATENÇÃO, TRATOR TRACIONA COM SOBRA DE POTÊNCIA !	

Figura 32. Quadro de resultados dos dimensionamentos dos tratores utilizados na operação.

Para se calcular os valores de resistência ao rolamento, potência na barra de tração e potência calculada no motor, empregou-se neste submódulo os mesmos métodos utilizados no módulo de dimensionamento de tratores ilustrado na Figura 13.

No cálculo da diferença de potência, obteve-se o valor da diferença subtraindo a potência calculada no motor da potência de ensaio do trator.

Considerou-se no modelo computacional um trator como sendo REPROVADO para a operação agrícola, quando o valor da diferença de potência fosse negativo.

Considerou-se no modelo computacional um trator como sendo APROVADO NO LIMITE para a operação agrícola, quando o valor da diferença de potência fosse menor ou igual a 1 kW.

Considerou-se no modelo computacional um trator como sendo APROVADO COM SEGURANÇA para a operação agrícola,

quando o valor da diferença de potência fosse maior que 1 kW e menor que 20% do valor da potência de ensaio do trator. Esta faixa de 1 kW a 20% da potência de ensaio do trator, representa a potência necessária para que o trator consiga ultrapassar obstáculos que podem surgir durante a operação, no modelo computacional esta faixa é considerada a potência de segurança para que a operação decorra sem problemas.

The screenshot shows a software window titled "Operação" with a tabbed interface. The active tab displays the following data:

Operação	
Operação número:	3
Data de início:	10/03/96
Área a ser trabalhada:	220,00 ha
Número de tratores aprovados:	4
Dias agronomicamente viáveis:	25
Número de tratores necessários:	2
Total de horas disponíveis:	250 h
Data de término: 09/04/96 Ritmo operacional: 0,880 ha/h Tempo real necessário: 238 h	

FIGURA 33. Quadro de resultados do dimensionamento das operações realizadas.

Juntamente com os resultados mostrados no submódulo de resultados do dimensionamento de operações, o modelo computacional oferece ao usuário, a possibilidade de gravar todas as informações contidas no módulo mostrado em um arquivo em disco, através do uso da opção <Gravar>, contida no menu <Arquivo>. Desta forma para que o usuário possa rever um dimensionamento, não é necessário efetuá-lo

novamente, bastando apenas acessár as informações que já foram processadas pelo sistema, por meio da opção <Abrir>, também contida no menu <Arquivo>.

4.10. Cadastro de tratores



Ao acessar o módulo de manutenção de cadastro de tratores é possível ao usuário, incluir ,alterar, pesquisar ou excluir registros de tratores (Figura 34).

Cadastro de Tratores

Limpar Alterar Excluir

Marca: MULLER

Modelo: TM 17

Potência de ensaio: 134 (kW)

Peso sem lastro: 7860 (Kg)

Peso com lastro: 9110 (Kg)

Tipo de tração

☐ 4 x 2

☐ 4 x 2 TDA

☒ 4 x 4

Foto: TRAT70

Pesquisa

Registro: 52

Selecione o registro desejado

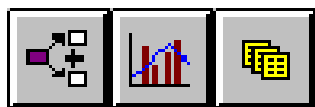
Fechar

Figura 34. Módulo de cadastro de tratores.

Além da capacidade de armazenar os dados referentes ao trator, o módulo de cadastro de tratores também

permite ao usuário do sistema computacional que possua um equipamento de reprodução de imagens em computador, SCANNER, armazenar as fotos dos tratores cadastrados (COMO ESCOLHER o modelo certo, 1993), tornando a pesquisa de tratores mais fácil e interessante.

4.11. Gerando relatórios na impressora



No modelo computacional proposto permite-se a geração de apenas três tipos de relatório, "gráfico de Gantt", "fluxograma operacional" e "dimensionamento de operações", estes relatórios só podem ser impressos a partir do momento em que o módulo de dimensionamento de operações agrícolas chega ao último submódulo, onde os resultados dos dimensionamentos são mostrados. Neste momento o sistema computacional torna as três opções de impressões contidas na barra de menu e na barra de ferramentas de trabalho (Figura 6), disponíveis para uso, o que não acontece antes. Essas três opções de relatório também ficam disponíveis após a abertura de um arquivo de dimensionamento de operações gravado em disco.

A apresentação dos relatórios é bastante simplificada, uma vez que um dos propósitos do modelo computacional proposto é fazer com que o usuário utilize-se cada vez mais dos recursos de vídeo, economizando gastos com papéis.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, com os materiais e métodos empregados e em decorrência do sistema computadorizado obtido e analisado, são estabelecidas as seguintes conclusões:

- Pelo exposto, constata-se que a racionalização das operações agrícolas é fundamental para uma agricultura barata, fundamental na economia de energia, tempo e conservação dos solos. Portando operações agrícolas com tratores e equipamentos mal dimensionados, além de gastos excessivos pode provocar danos ao ambiente, compactando o solo, provocando erosões e reduzindo a condutividade hidráulica.

- fica comprovada a praticidade e a velocidade na obtenção dos resultados de um dimensionamento, efetuado por meio do modelo computacional proposto;

- o modelo computacional torna possível a aplicação em aulas práticas de disciplinas onde seja estudado a seleção e dimensionamentos de máquinas agrícolas;

- o uso do sistema proposto em exercícios de laboratório, permitirá ao aluno simular diversas combinações de parâmetros de entrada, possibilitando uma visualização de diversas situações resultantes em um curto espaço de tempo. Também permitirá ao aluno o armazenamento de cada caso estudado em arquivos, que poderão ser utilizados posteriormente como material de estudo;

- além do modelo computacional servir como uma ferramenta de apoio didático, ela também poderá ser utilizada como ferramenta de apoio a profissionais da área agrônoma, ou correlatas, que efetuem trabalhos de planejamento de operações agrícolas;

- a utilização do modelo computacional em outras regiões do país é viável, bastando para isso trocar o arquivo que contém dados sobre ocorrência de dias agronomicamente viáveis gerados através de dados climatológicos da região do município de Botucatu-SP (SOLOS.DBF) por outro que for gerado com os dados climatológicos da região desejada.

- faltam determinações de resistência específica para alguns tipos de solo fornecidos pela norma ASAE D230.3, para que o modelo computacional possa realizar os cálculos com maior precisão. Portanto os dados utilizados tiveram que ser estimados.

6. SUMMARY

The main goal of this work was developing a computational model (computerized system) able to perform tractor, agricultural operations and equipment selection.

Data about tractors available in the brazilian market were used, creating a database with trademark, model, tractor power, weight with and without ballast and traction type, which will be used by the computerized system.

Climatological data from january 1st, 1983 to december 31st, 1993 were used on the analysis of the agronomically workable days, in a total of 11 years of data from Botucatu (SP) city region, such as: rainfall, wind velocity, solar radiation, minimal, maximal and average temperatures, air relative humidity, insolation and others, through which a table containing good days occurrence rates, considering five different soil types was obtained. This table provides the basis for some of the system calculations, and it can be generated by any statistical method, with data from any region, being easily utilized by the system.

Through data about the utilized soil types and data mathematically estimated by using the minimal quadratic

method, the coefficient values used to calculate the unitary cut resistance and the cut resistance for each equipment kind were found, in each soil type.

By using MICROSOFT VISUAL BASIC, a program developing software for WINDOWS, an easy to work system with a visually agreeable interface was created.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ^{3, 4}

AGEDES, M.O.O., MOTA, F.S. *Dias climaticamente aptos para trabalhos com máquinas agrícolas em planossolo bem drenado artificialmente, em pelotas*. Pelotas: Departamento de Pesquisa, Universidade Federal de Pelotas, 1986. 14p.

ASAE D230.3, agricultural machinery management data. *ASAE Stand.*, p.200-207, 1983.

ASAE EP391, agricultural machinery management. *Agric. Eng. Yearbook Stand.*, p.196-199, 1983.

ASSIS, S.V., et al. Probabilidade de ocorrência de dias trabalháveis com tratores agrícolas em Uberaba. *Revista Ceres*, v.36. n.206. p.299-316, 1989.

³ BIOSIS. Serial sources for the BOISIS previews database. Philadelphia, 1990. 314p.

⁴ UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas, Editora UNESP. *Normas para publicações da UNESP*. São Paulo: Editora UNESP, 1994. 4v., v.2. Referência bibliográficas.

- BAGER, E.L., et al. *Tratores e seus moteores*. Nova York: Edgard Blucher, 1963. 398p.
- BALASTREIRE, L.A. *Máquinas Agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- COBO, L.B.D. *Selección y Dimensionamiento de la Maquinaria Agrícola*. Santiago: FAO/ONU, 1988. 36p.
- COMO ESCOLHER o modelo certo. *GUIA RURAL: Tratores e Máquinas Agrícolas*, p.16-56, [1993].
- CRAIG, J.C. *Microsoft Visual Basic: versão 3*. São Paulo: Makron Books, 1994. 520p.
- DANIEL, L.A., et al. *Preparo do Solo: metodologia empregada para quantificar e qualificar o trabalho*. Lav. Arrozeira, v.43, n.392, p.10-13, 1990.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1977. 194p. (Riego y drenaje, 24).
- DWYER, M.J., PEARSON, G. *A field comparison of the tractive performance of two- and four-wheel drive tractors*. J. Agric. Engner. Res. 1976. v.21, n.1, p.77-85.
- FOX, R.M., SHELL, L.R., BATEY, A. *Microprocessor instrumentation system for maximizing tractor performance (micro-max)*. American Society of Agricultural Engineers, n.90-1512, p.1-13, 1990. In: *CAB Abstract on CD-ROM*, v.3B, 1992. (abstract X513933).

- FRISBY, J.C. Estimating good working days available for tillage in Central Missouri. (*Am. Soc. Agric. Eng.*), v.13, p.641-3, 1979.
- GALETTI, P.A. *Mecanização Agrícola: Preparo do Solo*. Campinas: Câmara Brasileira do Livro, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981. 220p.
- GUREWICH, O., GUREWICH, N. *Como Criar Aplicações de Mundo-Real com Visual Basic 3*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 1994. 658p.
- HETZ, E.; RIQUELME, I. Desarrollo y validacion de un modelo computacional que determina dias apropiados para ejecutar faenas agricolas mecanijados. *Agro Sur*, v.17, p.95-104, 1989.
- HUNT, D. *Farm Power and Machinery Anagement*. 4.ed. Aiwes: Iowa State University Press, 1965. 273p.
- ISRAELSEN, O.W., HANSEN, V.E. *Principios y Aplicaciones Del Riego*. 2.ed. Barcelona: Reverté, 1965. 302p.
- JAROL, S. *Visual Basic para Multimidia*. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 662p.
- JENNINGS, R., PERSON, R. *Dominando o Microsoft Access*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 1993. 1240p.
- JONES, E. *Dbase III Plus Guia do Usuário*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1987. 432p.

KOSTADINOV, N., SMRIKAROV, A., KURDOV, Z. *A microcomputer system for studying tractor sprayers*. Selskostopanska Tekhnika, v.27, n.7, p.51-5, 1990. In: *CAB Abstract on CD-ROM*, v.3A, 1990/1991. (Abstract X505159).

LAPERUTA FILHO, J. *Evolução de Alguns Parâmetros Técnicos de Tratores Agrícolas Ensaaiados no Brasil no Período de 1947/87*. Botucatu, 1988. 120p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - Universidade Estadual Paulista.

LEME, H.A. *Atualização da tratorização da agricultura brasileira*. Botucatu: Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1971. 100p. (Curso de extensão universitária). (Mimeogr.).

MIALHE, L.G. *Manual de Mecanização Agrícola*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301p.

MIALHE, L.G. *Máquinas Motoras na Agricultura*. São Paulo: E.P.U, Editora Universidade de São Paulo, 1980. v.2, 367p.

MOREY, R.V., PEART, R.M., DEACON, D.L. *Acorn-growth harvesting and handling simulator*. (Am. Soc. Agric. Eng.), v.14, p.238-50, 1972.

PERES, J.G. *Avaliação do modelo de Penman-Monteith, padrão FAO, para estimar a evapotranspiração de referência nas condições climáticas do estado de São Paulo*. Piracicaba, 1994. 116p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Universidade de São Paulo.

QUEIROZ, D.M., MEWES, W.L.C., FROEDE, A.D. Simulação do desempenho de Conjunto Trator-Grade. *Eng. Agric.: Ser Mecaniz. Agric.*, v.1, n.1, p.1-14, 1992

SAAD, J.C.C., SCALOPPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração potencial. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. *Anais...* Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. v.2, p.999-1021.

SAAD, O. *Seleção do Equipamento Agrícola*. 4.ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1983. 126p.

SAKAI, J., et al. *Computer application for tractor data acquisition and the optimal control of HST tractor*. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 1989, Beijing*. *Anais...* Beijing: International Academic, 1989. v.2, p.789-95. In: *CAB Abstracts on CD-ROM, v.3A, 1990/1991*. (Abstract X450940).

SALEQUE, U.M., JANGIEV, A.A. Optimization of the operational parameters of a whwled tractor for tillage operation. (*Am. Soc. Agric. Eng.*), v.33, n.4, p.1027-32, 1990.

SIEMENS, J. HAMBURG, K. TYRRELL, T. *A farm machinery selection and management program*. *J. Prod. Agric.*, v.3, n.2, p.212-19, 1990.

SMITH, M., SEGEREN, A., PEREIRA, L.S. et al. *Report on the expert consultation om procedures for revision of FAO*

guidelines for prediction of crop water requirements. Roma: FAO, 1991. 45p.

SOUZA, A., et al. Modelo para estimar o número de dias trabalháveis com tratores agrícolas. *Lav. Arrozreira*, v.45, nº401, p.8-11, 1992.

STONE, A.A., GULVIN, H.E. *Machines for Power farming*. 4.ed. New York: John Wiley and Sons, 1965. 616p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a ration classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The Water budzet and its use in irrigation. In: *Water U.S. Dep. Agr. yearbook*, p346-57, 1955.

UKHANOV, A.P. *Assembly of agricultural machinery aggregates according to the coefficient of useful load of a tractor engine*. Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Sel'skogo Khozyaistva, n.4, p.35-36, 1991. In: *CAB Abstract on CD-ROM*, v.3B, 1992. (Abstract X534604).

VALMET DO BRASIL. *Régua Valmet: dimensionadora de implementos e tratores agrícolas*. Mogi das Cruzes, 1989. 5p.

WUNSCHÉ, W., DENARDIN, J.E. Conservação e manejo dos solos - I. Planalto Rio-Grandense. *Considerações gerais*. Cent. Nac. Pesqui. Trigo, n.2, 1980. 20p.

ZANGIEV, A.A. *An evaluation system for efficient use of tractor-implement aggregates*. Tekhnika v Sel'skom

Khozyaistve, n.1, p.45-48, 1991. In: *CAB Abstract on CD-ROM*, v.3B, 1992. (Abstract X533705).

ZHOU, G.L., ZUO, Y.M., JIN, J. *A CAD method for determining the parameters of implement hitch linkage and the weight limitation of mounted implement.* Trans. Chinese Soc. Agric. Eng., v.8, n.1, p.66-71, 1992.

APÊNDICE

Tabela 12. Propriedades físicas dos solos (ISRAELSEN e HANSEN, 1965).

SOLO	LAD (mm)	CC (%)	PM (%)	dap (g/cm ³)	Z (mm)
Argiloso	337,5	35	17	1,25	150
Médio argiloso	283,5	27	13	1,35	150
Barrento	252,0	22	10	1,40	150
Médio arenoso	180,0	14	6	1,50	150
Arenoso	123,8	9	4	1,65	150

Como o mundo atual, com o auxílio da informática, passa por inúmeras transformações e avanços em todas as áreas do conhecimento humano, procuro neste trabalho dar uma parcela de contribuição para essas mudanças, colocando todos os programas fontes, os arquivos de imagens e de dados, armazenados em um disco de 3½" que acompanha este trabalho.

Para se instalar o sistema em um microcomputador é necessário que se siga as instruções abaixo descritas:

1. Crie um subdiretório em seu microcomputador com o nome de DITEO.
2. Coloque o disquete no drive A:
3. Copie todos os arquivos do disco para o subdiretório criado.

4. Descomprima o arquivo DITEO.ZIP utilizando o programa PKUNZIP.EXE que acompanha o sistema.

5. Chame o programa Visual Basic, dentro do Windows.

6. Dentro do Visual Basic, carregue o arquivo DITEO.MAK

7. Ative o comando executar dentro do VB.

ATENÇÃO! Seu microcomputador deverá estar utilizando a resolução de vídeo 800 x 600, para que o sistema funcione perfeitamente.