

PROJETO ERGONÔMICO DE ASSENTO PARA TRATORES, UTILIZANDO-SE DOS RECURSOS DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Roberto Deganutti¹, Maria do Carmo Jampaulo Plácido Palhaci², Luiz Antonio Vasques Hellmeister³

Abstract — *Regardless its power rate, the tractors are the most used source in operations of tillage. Thus, due to the expansion of cultivated areas and the need of striking application of technologies to meet the advance of agribusiness, it has been shown that these machines are concentrated during the work periods, the physical and mechanical actions to perform the activity. So, it's possible to realize that the time of physical exposures and the operational decision-making are related with the job station comfort. In regard to what was mentioned, this paper's main objective is to design an ergonomically viable seat to furnish the operational requirements of the tractor driver, using the new CAD / CAE technologies in order to provide optimal comfort to the relationship between human being and machines.*

Index Terms — tractors, technologies CAD/CAE, design

INTRODUÇÃO

Segundo o Houaiss (2001), a palavra *trator* origina-se do inglês *tractor* proveniente de *tractum* do verbo *trahere* do latim que significa puxar, arrastar. Ferreira (1999) define-o como “veículo motorizado que, deslocando-se sobre rodas ou esteiras de aço, é capaz de rebocar cargas ou de operar, rebocando ou empurrando, equipamentos agrícolas de terraplanagem, etc”. De acordo com Dul e Weerdmeester, 1995, a palavra *ergonomia* deriva-se do grego e tem como significado *ergon* (trabalho) e *nomos* (regra), mas nos Estados Unidos também se utiliza o termo *human factors* (fatores humanos). A *ergonomia* segundo Iida (2000), “... é o estudo da adaptação do trabalho ao homem”. O termo *trabalho* tem um sentido um pouco mais amplo, não diz respeito só às máquinas e equipamentos, mas também sobre a interação do homem com o seu trabalho. A substituição da força animal pela força mecânica contribuiu para o homem aumentar a produtividade e subseqüentemente os lucros.

O posto de trabalho é considerado como o local de execução de uma determinada tarefa, podendo ser a menor unidade produtiva, a qual abrange o homem-tarefa-máquina (Iida, 2000). O designer deve abordar esta relação do homem-máquina com extrema cautela, tendo como preocupação a melhor adaptação das máquinas,

equipamentos, enfim produtos às variáveis antropométricas do homem e suas necessidades e limitações. A análise da tarefa é fundamental para o conhecimento aprofundado da realidade dos usuários que atuam em um determinado posto de trabalho.

Segundo Santos (2005), o assento do trator é um dos mais importantes fatores a ser considerado na concepção do local de trabalho do tratorista uma vez que é ele o assento que mais horas anuais será ocupado pelo tratorista. A sua localização, referente ao eixo traseiro pode aumentar ou diminuir os choques aos quais o tratorista estará sujeito (Morrison e Harrington, 1962). Iida (1990) propõe um redesenho dos assentos, de modo a absorver as vibrações e facilitar as rotações do tronco e da cabeça, uma vez que a coluna vertebral do tratorista sofre o impacto das vibrações e das torções do corpo. O tratorista deve manter-se em uma postura estável apesar de vibrar e sacolejar o tempo todo. Conforme o tipo de tarefa em execução pelo tratorista, grande parte de seu tempo é gasto em movimentos rotacionais da cabeça, que chegam até 15 ou 20 rotações por minuto. Devido à necessidade de fazer essas constantes rotações com a cabeça, o tratorista mantém o tronco torcido, em situação de contínua tensão dos músculos lombares, aumentando a probabilidade de fadiga e dores musculares.

Sistema CAD

O sistema CAD (Computer Aided Design ou Projeto Auxiliado por Computador), é uma técnica de interação do homem com a máquina formando um grupo para resolver as dificuldades do projeto, aproveitando as melhores características de cada um. Este trabalho tem melhores resultados do que cada um trabalhar sozinho. Para um bom resultado devem-se levar em consideração as características individuais do homem e do computador, e analisar onde cada um pode auxiliar o outro (Besant, 1988).

Atualmente, entre os sistemas 3D tem-se o DMU (Digital Mockup), no qual se pode fazer a montagem de todas as peças de um produto, verificar seus movimentos, interferências, seqüências de montagem e desmontagem e simulação do operador. Para simulação de resistências de materiais, é utilizado o sistema CAE (Computer Aided Engineering) Engenharia Auxiliada por Computador, esse

1 Roberto Deganutti, Professor Assistente Doutor, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brazil, deganuti@faac.unesp.br

2 Maria do Carmo Jampaulo Plácido Palhaci, Professora Assistente Doutora, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP: 17033-360, Bauru, SP, Brazil, palhaci@faac.unesp.br

3 Luiz Antonio Vasques Hellmeister, Professor Assistente Doutor, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brazil, hellmeister@faac.unesp.br

simula a resistência e a fadiga do material em relação ao conjunto. Inicialmente, para a coleta das dimensões atuais dos assentos dos tratores em análise, para posterior modelagem em CAD, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- uma trena graduada em centímetros, uma régua graduada em milímetros e esquadros para coleta das medidas do assento dos dois tratores
- uma câmera fotográfica para obter diversas vistas do assento e poder utilizá-las na modelagem em CAD dos mesmos.
- uma prancheta para preenchimento dos dados coletados.
- um microcomputador para inserção de dados, avaliação e resultados da avaliação.
- uma licença do software SolidEdge para modelagem 3D dos assentos.
- uma licença do Software ERGOKIT para construção do “boneco” antropométrico utilizado para análise do assento.

Modelagem dos assentos em CAD

Para a modelagem, levando-se em conta a posição do assento na regulagem mediana, e usando-se de trenas de aço graduadas em centímetros, régua graduada em milímetros e esquadros, foram *obtidas* as medidas dos assentos dos tratores em análise conforme as normas ISO 5353 e 4253. Em uma segunda etapa, a modelagem do design dos assentos foi feita conforme as técnicas de digitalização de imagens como base para modelagem de superfícies; transição do tipo G2 entre superfícies (*surface Blending*) e utilização de ferramentas de edição de superfícies NURBS. Sendo todas essas técnicas fornecidas pelo software SolidEdge e sugeridas pelo fabricante do mesmo, a *Unigrafics Solutions do Brasil Ltda.*



FIGURA 1
DESIGN DO ASSENTO DO TRATOR FORD 6610

Modelagem do boneco antropométrico no Solid Edge

Segundo Neveiro et al. (1998), os dados antropométricos padrão do homem brasileiro, são de 169,9 cm e massa corpórea de 67,2 kg. Todas as regulagens do assento foram examinadas e considerou-se um operador de massa corpórea de 70 kg, em média, para que se pudessem fazer novas análises. Verificou-se a alteração da medida relacionada à distância do piso do trator ao assento. Considerando essa alteração, foram feitos os devidos reajustes no modelo CAD, para essa etapa da análise. Para essa tarefa, foram modelados individualmente no ambiente gráfico Part do software Solidedge cada parte do boneco antropométrico seguindo dados do software Ergokit (1998). A figura 2 mostra como as dimensões eram obtidas para construção do boneco antropométrico: No quadro descrição, era escolhida a variável antropométrica desejada e no quadro Resultados, adotava-se a medida média como resultado desejado. Sendo o Solidedge um software paramétrico, foi possível a completa parametrização do modelo durante sua criação, facilitando futuras alterações de modo que não afete a montagem final do boneco. A montagem de suas partes foi feita no ambiente gráfico Assembly, o qual permitiu ligar as partes restringindo o movimento relativo entre elas, ou seja, dando os devidos graus de liberdade para as articulações. Portanto, foi possível restringir, por exemplo, os movimentos da cabeça, onde essa tem restrições de rotação em torno de um eixo que passa pelo pescoço, cujos ângulos foram adotados segundo recomendação de Iida (1990). Analogamente, esse procedimento foi adotado para todas as partes do boneco: membros superiores, inferiores e tronco.



FIGURA 2

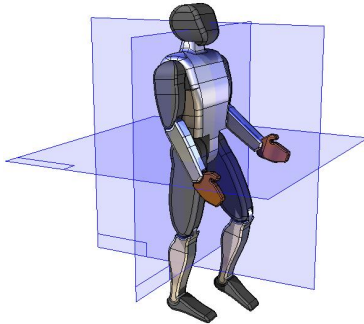


FIGURA 3
DESIGN E MONTAGEM DO BONECO ANTROPOMÉTRICO
FONTE PRÓPRIA.

METODOLOGIA PARA SIMULAÇÃO DE MOVIMENTO DO TRATORISTA

Tendo-se o posto de trabalho, os assentos e o boneco antropométrico modelados no Solid Edge, com os posicionamentos dos controles, iniciou-se a simulação e análise cinemática do comportamento do tratorista no seu ambiente de trabalho, focando a análise no assento. As simulações e análises foram feitas no ambiente gráfico Assembly do software Solid Edge, o qual permitiu a simulação de movimentos e análise cinemática de mecanismos. Para a simulação da movimentação do tratorista em seu ambiente de trabalho, analisando principalmente a interação tratorista-assento, foi consultado um especialista na área de projetos de máquinas agrícolas e ergonomia de máquinas agrícolas, o qual forneceu as principais movimentações do tratorista em seu ambiente de trabalho:

- torção do tronco – é devida principalmente pela movimentação de rotação esquerda/direita para acoplamento de implementos, operação de implementos; operações que exigem transitar com o trator de ré;
- movimentação dos membros superiores – é devida às operações de controles de alavancas (sistemas hidráulicos), bloqueio do diferencial, controles dos mostradores do painel e sistema de direção;
- movimentação dos membros inferiores – devido ao controle dos pedais de embreagem, freio e acelerador.

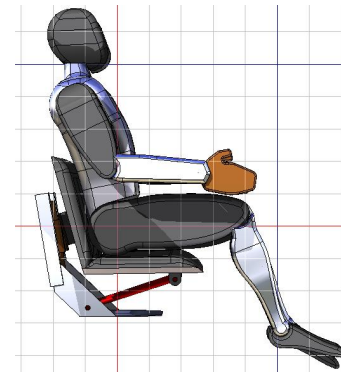


FIGURA 4
MONTAGEM DA CENA PARA SIMULAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO BONECO ANTROPOMÉTRICO NO AMBIENTE DE TRABALHO DO TRATORISTA. ACIMA, TEM-SE O BONECO ANTROPOMÉTRICO E O ASSENTO.
FONTE: PRÓPRIA

ANÁLISE DO ASSENTO

Após as simulações, serão feitas as seguintes análises:

- Se as dimensões do assento estão conforme as normas já citadas.
- Se as dimensões do assento estão adequadas às dimensões antropométricas do usuário – nesse caso, a dimensão antropométrica crítica é a altura poplíteia (da parte inferior da coxa à sola do pé), que determina a altura do assento, Iida (1990);
- Se o assento permite variações de postura – servem principalmente para aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga, Iida (1990);
- O encosto do assento ajuda no relaxamento – o perfil do encosto é importante, porque uma pessoa sentada apresenta uma protuberância para trás na altura das nádegas e a curvatura da coluna vertebral varia bastante de uma pessoa para outra. Devido a isso, pode-se deixar um espaço vazio de 15 a 20 cm entre o assento e o encosto, Iida (1990);
- Se o assento auxilia o trabalhador em sua tarefa quando necessário olhar para trás. Essa necessidade de se fazer constantes rotações com a cabeça, o tratorista mantém o tronco torcido, em situações de contínua tensão dos músculos lombares.
- O assento proporciona absorção de impactos, uma vez que a coluna vertebral do tratorista sofre o impacto das vibrações e das torções que ele faz freqüentemente para olhar para trás.

RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÕES

Com base nos procedimentos e metodologia expostos anteriormente, a modelagem em sistema CAD do assento do trator e do boneco antropométrico para avaliação ergonômica seguindo normas e bibliografias já citadas, foi realizada conforme esperado. Por fim, realizou-se a montagem de uma cena para simulação do ambiente de trabalho do tratorista, focando a análise na interação do boneco (simulando o tratorista) e do assento.

A construção do boneco antropométrico no software SolidEdge foi feita a partir das dimensões fornecidas pelo software Ergokit 98. As figuras 5 e 6 mostram as principais posições do boneco e as dimensões antropométricas estáticas que serão utilizadas para análises posteriores.

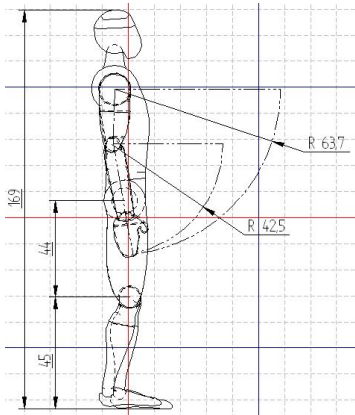


FIGURA 5
POSIÇÃO DE PÉ.

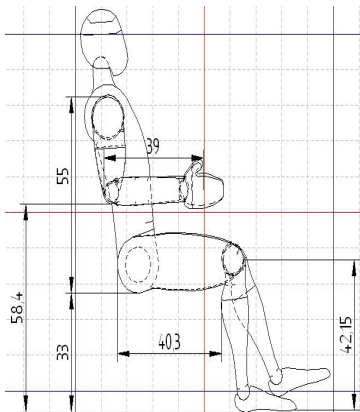


FIGURA 6

POSIÇÃO SENTADA- PRINCIPAIS DIMENSÕES PARA ANÁLISE ERGONÔMICA DO ASSENTO

Os dados de antropometria estática servem como uma primeira aproximação para o dimensionamento de produtos e locais de trabalho. Visto que os principais movimentos a serem analisados neste projeto são as rotações do corpo do tratorista ao se realizar movimentos típicos em seu ambiente de trabalho, adotaram-se para a montagem do boneco antropométrico, os valores médios de rotações voluntárias do corpo, na antropometria dinâmica. Dados fornecidos por Lida (1990). partir desses dados, foi possível a montagem do boneco antropométrico dando-lhe os valores médios de movimentos necessários para análise.

Figura 7 apresenta o modelo do assento do trator Ford e as principais dimensões apresentadas para análise.

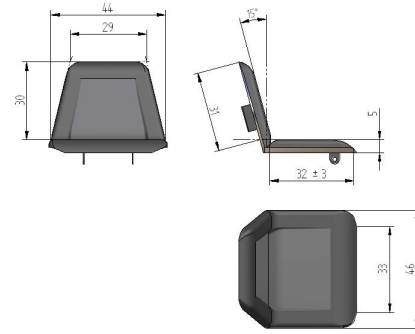


FIGURA 7
DIMENSÕES DO ASSENTO DO TRATOR FORD

CONCLUSÃO

Não foi possível a movimentação de rotação esquerdo-direita sem que houvesse a torção do tronco. Isso é devido ao fato de o assento ser fixo e não permitir rotações. Esse tipo de movimentação é o mais praticado pelo tratorista em seu turno, e como já citado em bibliografias, provoca em longo prazo danos a coluna vertebral.

Para a manipulação de alguns controles de alavanca e mostradores no painel, observou-se que o tronco realizava uma leve inclinação (em média 10°) no plano sagital, o assento contudo, não apresentava modificações, as quais seriam necessárias, pois o encosto deveria acompanhar e apoiar a maior parte do tempo a região lombar do trabalhador. Esse problema surge devido ao assento ter fixado o ângulo de assento-encosto. Enquanto não se utilizava os pedais, quer de acelerador, embreagem quer freios, percebeu-se que a altura do assento estava adequada ao operador que cujas medidas estejam dentro das dimensões do boneco antropométrico.

A ergonomia do assento do trator Ford 6610 pôde ser analisada, utilizando-se da ferramenta CAD e do boneco antropométrico, construído a partir dos dados do software Ergokit e bibliografias da área de antropometria.

- Com os resultados da simulação feita no software Solidedge, foi possível verificar que o assento do trator em análise não proporcionou resultados esperados.

- Da análise do modelo real, modelo 3D e simulações feitas, conclui-se que o assento do trator Ford 6610, não está corretamente projetado de forma a satisfazer exigências da ergonomia de assentos para tratores, logo, não proporcionando um ambiente de trabalho saudável ao tratorista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] -Dul, J.,Weerdmeester, B. *Ergonomia Prática*. São Paulo, Atlas, 1972, 153 p.

[2] - ERGOKIT – *Banco de dados antropométricos*. Instituto nacional de Tecnologia. Rio de Janeiro, 1998. CD-ROM.

- [3] - Fieldler, N. C. . *Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira*. 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- [4] - Houaiss, A.V, SALLES, M. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*
- [5] – Lida, . *Ergonomia: projeto e produção*. 6ª ed. São Paulo: E. Blücher, 2000.
- [6] - Morrison, C.S, Harrington, R.E. *Tractors sating for operator confort*. Agric Eng, 1962;42:633-635.
- [7] – Santos, J.E.G. *A Ergonomia dos tratores agrícolas: dimensões e forças de acionamento*. 5º Congresso internacional de Ergonomia e Usabilidade de interfaces. Rio de janeiro, 2005.
- [8] - SILVA, A.L. *A utilização do sistema CAD na análise ergonômica do posto de trabalho do tratorista*. 4º Congresso Temático de Dinâmica, Controle e Aplicações. Bauru, 2005.