

Assento para trator: projeto ergonômico

Rodrigo Ramos Barbosa (UNESP - Bauru) rrbrodrygo@gmail.com

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos (UNESP-Bauru) guarneti@feb.unesp.br

Prof. Dr. Roberto Deganutti (UNESP – Bauru) deganuti@faac.unesp.br

Resumo: *Devido à expansão da agroindústria a preocupação com uma melhor condição de trabalho aos operadores de tratores tem aumentado, visto que nestas máquinas estão concentradas ações físicas e mecânicas para realização das atividades. Este trabalho tem como principal objetivo, avaliar a ergonomia e conformidade com as normas de assento de tratores utilizando-se de protótipos virtuais, que, para isso, se fez necessário o uso de ferramentas CAD e estudos de antropometria. Utilizando um software CAD, foi possível a construção tridimensional de um boneco antropométrico, do posto de trabalho do tratorista e do assento, elemento que será analisado. Posteriormente foi possível a simulação tridimensional de movimentos do tratorista e a análise de seu comportamento. Como resultado foi verificado se havia conformidade com as exigências mínimas de ergonomia para essa tarefa.*

Palavras-chave: *Assento de trator; Ergonomia; CAD; CAE; Boneco antropométrico.*

1. Introdução

Os tratores agrícolas, independentemente da faixa de potência, são a fonte mais utilizada nas operações de preparo do solo. Dessa forma, devido à expansão da área cultivada e a necessidade marcante da aplicação de tecnologias para atender o avanço do agronegócio, verifica-se que nestas máquinas estão concentradas, durante o turno, ações físicas e mecânicas para realização da atividade. Neste sentido, pode-se verificar que o tempo de exposições físicas bem como as tomadas de decisões operacionais estão relacionadas ao conforto do posto de trabalho. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar um assento de trator verificando se está ergonomicamente viável e atende as exigências operacionais do tratorista, utilizando para isso ferramentas de computação gráfica CAD, CAE e protótipo virtual.

2. Assentos

O assento do trator é sem dúvida um dos fatores mais importantes a serem considerados quando se projeta o posto de trabalho do tratorista, que, segundo Santos (2005), é o assento a parte do local de trabalho que mais horas anuais será ocupada pelo tratorista.

Em estudos realizados, observou-se que dentre as condições de trabalho que o tratorista está sujeito, como vibrações, calor, ruídos, poeira etc, são as de vibrações que têm causado efeitos mais críticos ao tratorista quando, na concepção do posto de trabalho do tratorista, esses efeitos não foram avaliados de maneira correta.

Em três estudos em série, com espaço de 5 anos cada, visando avaliar os efeitos da vibração nos trabalhadores, com os mesmos motoristas de tratores, Dupuis e Christ 1972, apud Grandjean, (1998), encontraram um aumento de achados patológicos na coluna vertebral em relação ao tempo anual de condução dos tratores.

Iida (2000) propõe um redesenho dos assentos, de modo 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.

Conforme uma pesquisa feita por Fiedler, 1995, o melhor assento analisado para tratores florestais são aqueles que ofereceram um melhor material de construção, encosto e apoio para os braços. O pior assento, contudo, foi aqueles que não ofereceram ajustes de altura e inclinação do encosto, além do material de construção, de acordo com a maioria dos operadores pesquisados, não ser seguro e confortável; ser liso e aquecer muito. O encosto, por sua vez, é baixo, duro e muito inclinado para trás.

A respeito do material de revestimento, Iida (2000) citou que, geralmente é usado algum tipo de mola ou espuma, visando distribuir a carga do corpo no assento e, assim, haver redução na pressão em pontos isolados. No entanto, se o revestimento for muito macio, haverá o perigo de o corpo não ter mais o apoio necessário e de o trabalho da estabilização cair mais uma vez sobre os músculos.

3. Sistema CAD

Os sistemas CAD e CAE, respectivamente *Computer Aided Design* e *Computer Aided Engineer*, têm se tornado, nos tempos atuais, as principais ferramentas para projeto de produto. Segundo Santos (2005), entre os sistemas 3d têm-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, o qual simula a resistência e a fadiga do material em relação ao conjunto.

4. Materiais e Métodos

4.1 Materiais

Para a esse projeto, inicialmente foi utilizado o Trator marca Ford modelo 6610, peso em ordem de marcha 380 Kgf com Lastro.

Uma licença do software ERGOKIT o qual tem como objetivo disponibilizar ao mercado tabelas dimensionais da população brasileira, aonde a DvDI – Divisão de Desenho Industrial do INT – Instituto Nacional de Tecnologia vem se dedicando a realização de pesquisas antropométricas de segmentos representativos da população brasileira, construindo um banco de dados antropométricos através do software denominado ErgoKit.

Uma licença do software SolidEdge V18, onde esse é uma ferramenta gráfica focada em atender as necessidades de todas as etapas do projeto mecânico, oferecendo procedimentos que atendem desde usuários individuais à instalações com centenas de postos de trabalho. Sua interface permite estudos de ergonomia e robustos mecanismos de interferências que recomendam ações baseadas na geometria.

Os dados foram coletados no Laboratório de Máquinas Agrícolas da Universidade Estadual Paulista (Unesp) no campus de Bauru.

4.2. Métodos

4.3 Metodologia para avaliação do assento do trator

4.3.1 Modelagem do assento e cockpit do trator

Para a modelagem 3D do assento utilizando o sistema CAD foram obtidas as medidas do assentos do trator em análise conforme a norma ISO 5353, levando-se em conta a posição do assento na regulagem mediana. Analogamente fora feito a representação tridimensional do posto de trabalho do tratorista seguindo metodologia adotada por Silva (2005).

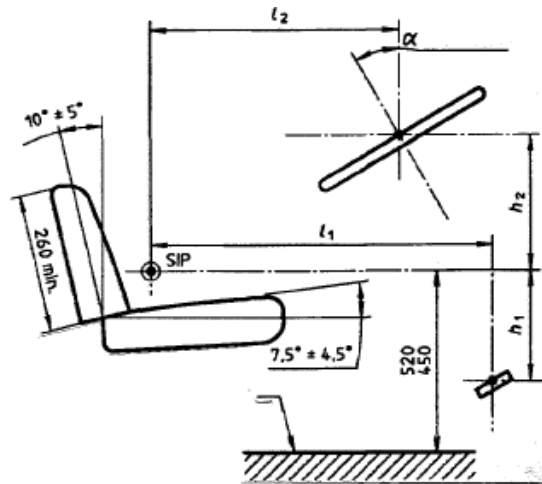


FIGURA 1 – Acomodação do assento do operador, vista lateral
Fonte: NBR/MN/ISO 5353

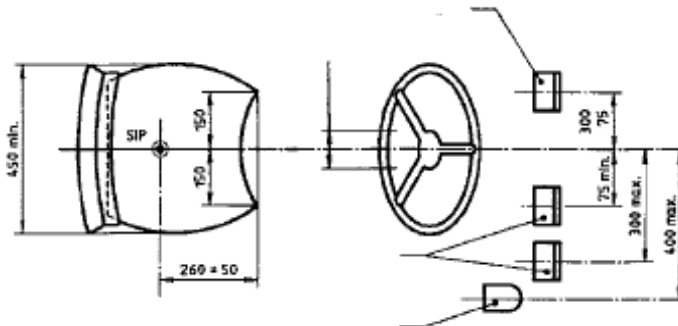


FIGURA 2 – Acomodação do assento do operador, vista superior
Fonte: NBR/MN/ISSO 5353



FIGURA 3 – Design do assento do trator Ford 6610
Fonte: Própria

4.3.2 Modelagem do boneco antropométrico

Para sua construção, as medidas necessárias foram obtidas pelo software ERGOKIT. A figura 4 ilustra como as dimensões foram 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.

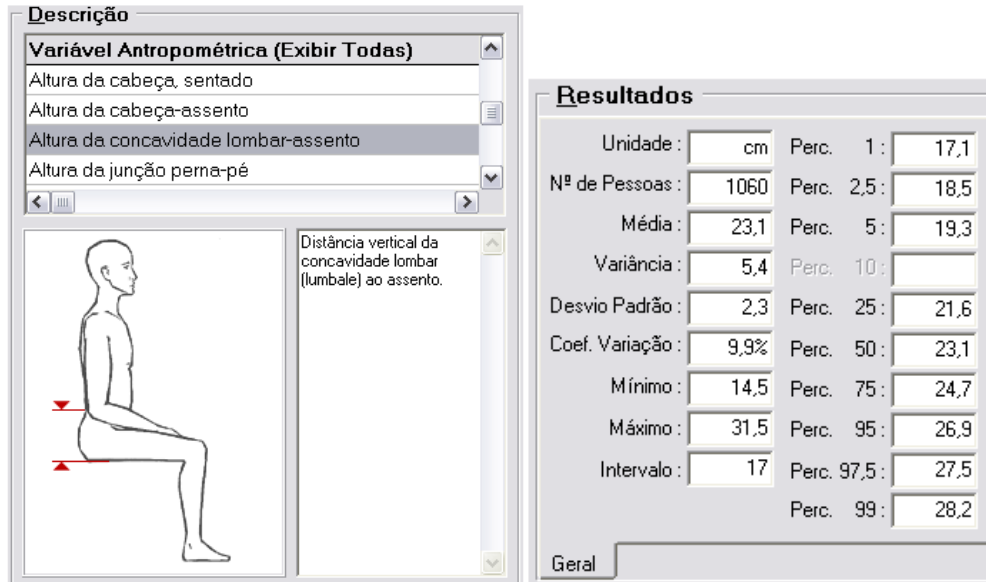


FIGURA 4 – Quadro de descrição e resultado do Software Ergokit
Variável analisada: altura da concavidade lombar

Fonte: Software Ergokit 98 (2006)

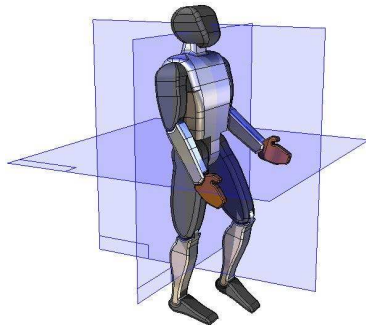


FIGURA 5 – Design e montagem do Boneco Antropométrico
Fonte: Própria (2006)

4.3.3 Metodologia para simulação de movimentos do tratorista

Tendo-se já o posto de trabalho, o assento e o boneco antropométrico modelados no SolidEdge e já com os posicionamentos dos controles seguindo metodologia já citada, 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:

- a) 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;
- b) 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;
- c) movimentação dos membros inferiores – devido ao controle dos pedais de embreagem, freio e acelerador.

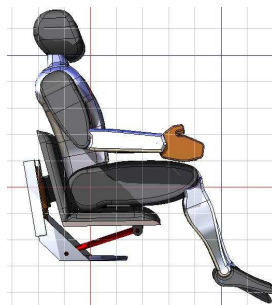


FIGURA 6 – Montagem da cena para simulação dos movimentos do boneco antropométrico no ambiente de trabalho do tratorista. Acima, tem-se o boneco antropométrico e o assento.

Fonte: Própria

4.4 Análise do assento

Após as simulações, serão feitas as seguintes análises:

- a) Se as dimensões do assento estão conforme as normas já citadas.
- b) 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 (2000);
- c) 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 (2000);
- d) 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 (2000);
- e) 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 continua tensão dos músculos lombares.
- f) 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.

5. Resultados 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.

5.1 construção do boneco antropométrico

Conforme proposto, como ferramenta para a análise do assento foi construído um boneco antropométrico baseado no software ERGOKIT, antropometria estática, dinâmica e funcional. As figuras 7 e 8 mostram as principais dimensões obtidas.

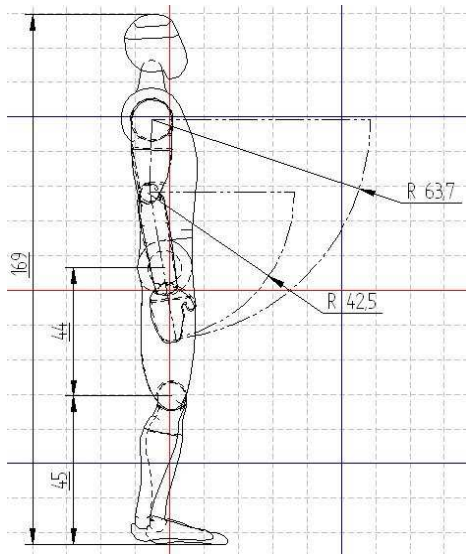


FIGURA 7 – Posição de pé
Fonte: Própria

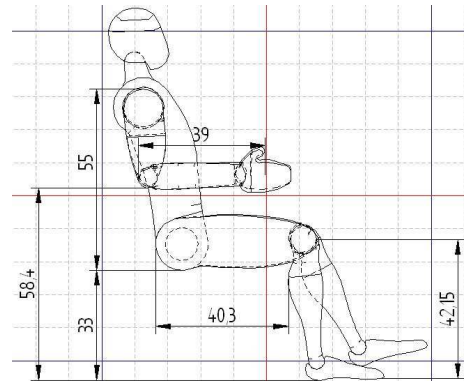


FIGURA 8 – Posição sentada – Principais dimensões usadas para a análise ergonômica do assento

Fonte: Própria

5.2 Modelagem do assento do trator

Conforme procedimento apresentado, a figura 9 apresenta o modelo do assento do trator Ford e as principais dimensões utilizadas para a análise.

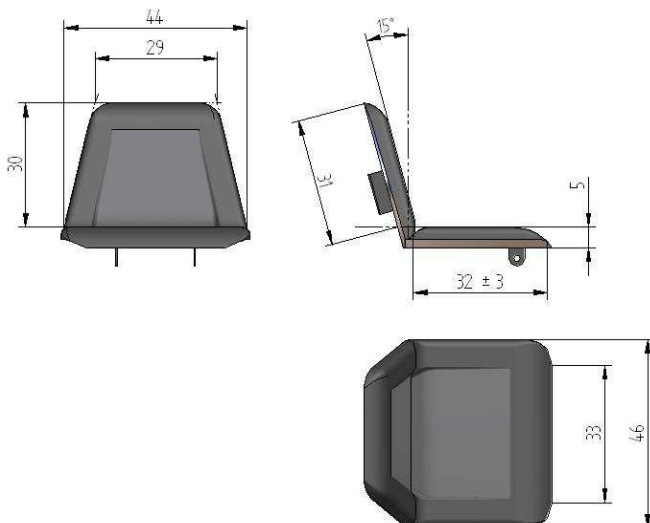


FIGURA 9 – Dimensões (cm) do assento do trator Ford 6610.
Fonte: Própria

5.3 Análise da simulação de movimentos do tratorista

Como proposto, as simulações de movimentos feitas no software Solidedge foram analisadas e comparadas a exigências ergonômicas conforme referências bibliográficas já citadas, e a análises reais feitas por um especialista na área de ergonomia de máquinas agrícolas. Assim foi possível obter alguns resultados que serão de extrema importância para a análise do assento do trator Ford, que será visto no tópico a seguir.

A seguir, seguem os principais resultados obtidos com a simulação:

- a) Não foi possível a movimentação de rotação esquerda/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 a longo prazo danos a coluna vertebral.
- b) 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.
- c) 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.

5.4 Avaliação quantitativa do assento do trator Ford

Após os resultados obtidos das simulações, análises feitas da modelagem do assento do trator Ford, foi possível chegar aos seguintes resultados:

- a) Do assento em questão, verificou-se que o ângulo de assento, comprimento e altura do assento, altura e larguras do encosto estão fora das especificações.
- b) Não há descanso para os braços, nem variações dos ângulos de assento-encosto e assento. Percebeu-se também que não há o espaço livre entre o assento e encosto.
- c) O encosto não auxilia no relaxamento, pois não há um espaço vazio entre o assento e o encosto.
- d) O assento não auxilia o trabalhador em suas tarefas que exigem olhar para trás, provocando com isso uma constante torção no tronco.
- e) Embora tenha sido observado um sistema de amortecimento no assento, não se pode concluir se é ou não suficiente para as absorções dos impactos sofridos. Isso fará parte de uma próxima análise a qual constará no relatório final.

O quadro 1 apresenta um as medidas encontradas para as variáveis do assento do trator Ford e os valores indicados com base nos dados antropométricos obtidos no software Ergokit, Normas ISO 5353 e Iida (2000).

QUADRO 1 – Medidas encontradas para as variáveis do assento do trator Ford 6610 e valores indicados.

Variáveis	Assento Trator Ford 6610 (cm)	Valores indicados (cm)
Comprimento do assento	32	45
Altura do assento	40	42-46
Largura do assento	46	41
Altura do encosto	30	54
Largura do encosto (inferior)	44	41

continua ...

Largura do encosto (superior)	29	35
Ângulo de assento	0°	5-7°
Ângulo assento/encosto	105°	90-110°
Altura descanso p/ braços	-	20,3 – 30,2
Comprimento descanso p/ braços	-	32

Fonte: Própria (2006)

6. Conclusão

O procedimento consiste num relatório parcial, entretanto alguns comentários e conclusões preliminares a respeito do andamento dos resultados do projeto podem ser destacados, cabendo destacar:

Conforme proposto para apresentação neste trabalho, 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.

Outras análises ainda serão necessárias para avaliar o assento, como o estofamento e sistema de amortecimento, uma vez que esse trabalho de pesquisa científica ainda não foi concluído. Assim, a partir dos resultados obtidos, dar-se-á início a construção de um protótipo de assento para o trator Ford, de modo que satisfaça as exigências ergonômicas já citadas.

7. Referências Bibliográficas

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

FIEDLER, N. C . **Avaliação ergonomica de maquinas utilizadas na colheita de madeira**. 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**. Tradução de João Pedro Stein. Revisão técnica de Guimarães, L. B .M. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 6ª ed. São Paulo: E. Blücher, 2000, 466p.

ISO 5353 (E). **Agricultural tractors operators seating accomodation**, 1977

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.

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.