

COMPARATIVO ERGONÔMICO DE DUAS METODOLOGIAS PARA AQUISIÇÃO DE COORDENADAS TRIDIMENSIONAIS DO POSTO DE TRABALHO DO OPERADOR DE TRATOR¹

ANDRÉ LUIS DA SILVA²; JOÃO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS³ & SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA⁴

RESUMO: Esta pesquisa teve como objetivo, o comparativo entre duas metodologias para a obtenção de coordenadas tridimensionais dos controles dos membros superiores do posto de trabalho do operador de trator. As metodologias utilizadas se baseiam na norma NBR/NM/ISO 5353 – Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais – Ponto de referência do assento. O primeiro método utilizado segue os princípios recomendados pela norma NBR/NM/ISO/5353, o segundo método é uma adaptação desta norma com a inserção do equipamento de medição a laser desenvolvido por Silva (2009). Os resultados obtidos foram comparados estatisticamente para a avaliação de divergências entre os processos metodológicos envolvidos. Para a coleta dos dados foi utilizado um trator novo da marca Massey Ferguson - modelo MF 292, concedido pela concessionária da região de Londrina. Os resultados obtidos comprovam uma variação considerável entre o processo de medição tradicional e o processo de medição a laser. Deve-se considerar que essa variação pode ser utilizada para aferir o posicionamento dos controles do trator, estando assim o trator em não conformidade com as normas da ABNT.

Palavras-chave: Ergonomia, trator agrícola, posto de trabalho.

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor intitulado: Ergonomia aplicada em posto de trabalho do operador de tratores: sistema para aquisição de coordenadas tridimensionais

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura – FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil - prof.andre.di@gmail.com

³ Orientador e docente do Departamento de Engenharia Mecânica - FEB/UNESP, Bauru/SP, Brasil. guarneti@feb.unesp.br

⁴ Co-Orientador e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial – FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil - ssguerra@fca.unesp.br

COMPARISON OF TWO ERGONOMICS METHODOLOGYS FOR ACQUISITION OF THREE-DIMENSIONAL COORDINATES OF THE OPERATOR TRACTOR JOB

SUMMARY: *This research aimed to the comparison between two methods for obtaining three-dimensional coordinates of the controls of the upper limbs of the job of the tractor operator. The methods used were based on NBR / NM / ISO 5353 - Road machines, tractors and agricultural and forestry machinery – Reference point of the seat. The first method used follows the principles recommended by the standard NBR/NM/ISO/5353 The second method is an adaptation of this standard with the introduction of a laser measuring equipment developed by Silva (2009). The results were compared statistically to evaluate differences between the methodological processes involved. In this research, data was collected thought a brand new tractor Massey Ferguson model MF 292, awarded by the dealership from Londrina. The results have shown a considerable variation between the traditional measurement process and the laser measuring. It must be considered that this variation can be used to calibrate the tractor controls positioning, therefore the tractor is not in accordance to ABNT.*

Keywords: *Ergonomics, agricultural tractors, job.*

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda na aquisição de tratores agrícolas vem aumentando a concorrência entre os fabricantes e expondo a carência das empresas em produzir tratores agrícolas que possam atender as necessidades ergonômicas de pequenas e grandes propriedades rurais ampliando a opção do comprador com novos modelos que atendam às suas necessidades de uso.

A ergonomia visa atender a necessidade do usuário em uma determinada tarefa, seja utilizando uma máquina, equipamento ou produto. Segundo Iida (2005) a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, sendo que, atualmente, o termo trabalho tem um sentido um pouco mais amplo, não diz respeito só às máquinas e equipamentos, mas também abrange a interação do homem com seu trabalho, sua interface com as máquinas e equipamentos, por meio de controles e mostradores.

A manipulação da máquina dá-se pelo princípio do movimento do controle, que é a transferência

de uma força humana para que a máquina possa executar alguma operação. Esse movimento pode ser pelas mãos, pés ou fala. Como exemplos têm-se um simples apertar de botão com o dedo, ou o ato de fazer uma ligação do celular falando apenas o nome da pessoa (IIDA, 2005).

A concordância dos movimentos da máquina para com o homem deve seguir o movimento natural do corpo, segundo Murrell (1965, apud IIDA, 2005).

O estereótipo popular é o movimento provável, ou seja, o movimento assimilado pela maioria da população, como se observa no ato de ligar ou aumentar o volume, onde gira-se o controle no sentido horário. Os movimentos que seguem o estereótipo popular são chamados de compatíveis e os que não seguem, são os incompatíveis (IIDA, 2005).

A compatibilidade espacial dá-se no sentido do movimento indicado pelo controle e pelo mostrador e vice-versa. Com o deslocamento de uma alavanca para a direita, por exemplo, o mostrador tenderia a se movimentar para a mesma direção (IIDA, 2005).

Em relação aos controles de máquinas agrícolas os comandos possuem características peculiares dentro de um determinado padrão delimitado pelas normas. Sua característica principal é o posicionamento dos comandos, que deve permitir um manuseio fácil e seguro, não deslocando o operador de sua posição normal de trabalho, sem a necessidade de uma inclinação para algum lado (MÁRQUEZ, 1990, apud DEBIASI; et al., 2004).

Debiasi et al. (2004) recomendam uma atenção especial com o volante de direção do trator agrícola por ser um comando de acionamento contínuo, sua distância em relação ao assento e o grau de inclinação de seu eixo central em relação à vertical são características importantes para o operador.

Grande parte dos tratores agrícolas, principalmente os mais antigos, possui as alavancas de câmbio posicionadas na região central do trator entre as pernas do operador, atrapalhando o movimento natural do corpo (BARNES, 1977; DEBIASI, et al., 2004)

Com base nestes apontamentos é primordial a aplicação da ergonomia para estabelecer o conforto e a segurança do operador. Portanto, o posicionamento e o dimensionamento errados dos controles, comandos e manejos, num longo espaço de tempo, podem provocar lesões, diminuição da produtividade, irritabilidade do operador e acidentes (DUL e WEERDMEESTER, 1995).

A verificação deste dimensionamento é efetuada através da norma NBR/NM/ISO 5353 (1999) - Máquinas rodoviárias e tratores e máquinas agrícolas e florestais - Ponto de Referência do Assento ou SIP, é o ponto inicial que estabelece dimensões para o assento do operador e a localização dos controles dispostos no posto de trabalho (ABNT, 2005).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Trator utilizado para a pesquisa ⁵

Para a avaliação dos controles do posto de trabalho do tratorista, foi utilizado o trator Massey Ferguson 292. As características do trator utilizado para a pesquisa estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Trator utilizado para estudo.

Marca	Modelo	Potência	Nº de cilindros	Tração	Massa	Cabine
Massey Ferguson (AGCO)	292	78,3 kW	4	4 x 4	38,63 kN	sem

2.2 Equipamento para coleta automatizada de dados

Para a coleta automatizada de dados das coordenadas tridimensionais, foi utilizado o equipamento desenvolvido por Silva (2009). Este equipamento coleta as coordenadas X,Y e Z, utilizando um sistema a laser para medições tridimensionais.

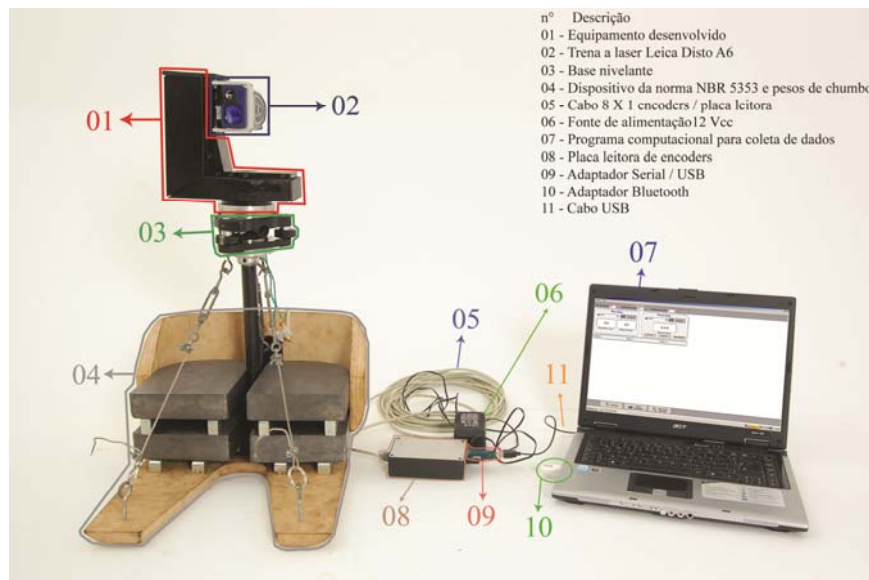


Figura 1 – Equipamento para medições tridimensionais.

⁵ A marca e modelo mencionado não indicam qualquer recomendação de uso por parte dos autores.

2.2 métodos

Para a condução do experimento, apresenta-se como base a norma NBR/NM/ISO 5353, que define a utilização de um dispositivo, sendo utilizados todos os procedimentos descritos na norma. O dispositivo de amostragem descrito na NBR 5353 é apresentado na Figura 1.

2.2.1 Medição manual

Para as medições no processo manual, como mostra a Figura 2, foram utilizados os seguintes materiais: três réguas de balcão com comprimento de 1000 mm, uma trena de aço aferida, um nível tradicional, um nível circular de bolha para alinhamento das réguas, um paquímetro, um prumo e quatro linhas guias.



Figura 2 - Medição do eixo Z.

Para o experimento levou-se em consideração o centro de massa com o uso dos blocos de chumbo, para atingir o valor necessário de peso exigido pela norma.

Após ser inserido o dispositivo, pôde-se iniciar o processo de medição. Para tanto, foi feita uma adaptação da metodologia utilizada por Rozin (2004), em que se usou uma linha de guia para os eixos X e Y. Neste processo foram utilizadas para as medições no processo manual tradicional duas linhas guias no sentido do eixo Y, pois, conforme a norma devem ser utilizados estes pontos de medição para cada lado do dispositivo, conforme a Figura 3.



Figura 3 - Dispositivo com pesos e linhas guias.

2.2.2 Medição a laser

O processo de medição no sistema a laser é mais simples, visto que após o nivelamento e a calibração do equipamento, deve-se apontar o laser para o alvo no comando desejado e coletar os dados automaticamente com o auxílio de um computador portátil, conforme Figura 4.



Figura 4 – Medição no sistema a laser.

Nestes dois processos foram determinados os pontos de medição dos lados 1 e 2 e os pontos de fixação do assento, conforme define a norma NBR 5353.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados foram inseridos em tabelas para as análises comparativas dos dois processos de medição. Inicialmente, estão apresentadas as coordenadas X, Y e Z, dos dois métodos de medição, após as diferenças nos dois processos, e por último a análise estatística dos processos. (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2 - Coordenadas dos controles do trator Massey Ferguson 292

Sistema de medição→ Coordenadas→		Equipamento*			Tradicional*		
		X	Y	Z	X	Y	Z
↓ Controles							
1	Ponto de fixação 1	-184,00	65,29	-341,96	-200	40	-340
2	Ponto de fixação 2	-184,00	-65,29	-341,96	-200	-40	-340
3	Ponto de fixação 3	184,00	65,29	-341,96	200	40	-340
4	Ponto de fixação 4	184,00	-65,29	-341,96	200	-40	-340
5	Interruptor da partida	194,88	628,08	-98,08	140	655	-88
6	Tração Ligado	-309,74	284,82	-248,23	-330	280	-253
7	Tração Desligado	-311,56	168,81	-282,41	-320	150	-288
8	reduzida baixa- tartaruga	139,74	546,23	-205,79	140	558	-213
9	reduzida alta- coelho	140,00	493,12	-234,65	140	498	-228
10	Tomada de força	-245,86	223,72	-116,65	-250	190	-120
11	Controle remoto 1	410,96	250,85	-138,33	415	280	-133
12	Controle remoto 2	343,25	245,75	-158,35	320	270	-158
13	Alavanca de profundidade	374,02	-135,76	-6,88	375	-110	-7
14	Controle de levantar e abaixar implementos – baixado	309,15	19,72	-64,02	302	40	-62
15	Controle de levantar e abaixar implementos – baixado	306,73	105,92	-171,48	305	130	-170
16	Limitador de altura	373,88	31,07	-146,37	295	5	-102
17	Velocidade da descida	202,00	-85,00	-301,00	200	-85	-302
18	Limitador de curso	288,67	-33,91	-100,10	362	-58	-147
19	Bloqueio do diferencial	283,62	202,30	-500,00	283	202	-512
20	Acelerador manual – baixa	275,51	581,54	12,70	252	600	27
21	Acelerador manual – alta	279,80	680,53	186,97	260	690	192
22	Acelerador de pé - alta	446,63	546,65	-560,52	385	564	-543
23	Acelerador de pé – baixa	445,83	521,99	-537,43	378	555	-519
24	Freio de pé - direito	403,53	654,65	-461,67	350	660	-445
25	Freio de pé – esquerdo	294,39	665,90	-474,68	237	670	-462
26	Embreagem	-213,03	611,73	-387,40	-255	600	-382
27	Freio de estacionamento	186,95	631,12	-198,39	160	635	-190
28	Alavanca de mudança câmbio – neutro	-5,99	457,51	-82,10	-40	470	-63
29	Alavanca de mudança câmbio – 1	-32,00	415,87	-109,89	-60	410	-104
30	Alavanca de mudança câmbio – 2	27,85	549,68	-51,92	-5	525	-33
31	Alavanca de mudança câmbio – 3	21,95	392,66	-121,07	-5	380	-103
32	Alavanca de mudança câmbio – R	-29,80	501,56	-66,12	-65	492	-55
33	Alavanca alta e baixa/grupos – neutro	123,14	493,88	-159,99	80	488	-151
34	Alavanca alta e baixa/grupos – A	122,86	449,11	-188,20	92	453	-186
35	Alavanca alta e baixa/grupos – B	125,78	540,51	-142,58	88	557	-132
36	Luzes/Farol - Liga	-108,24	657,36	-10,39	-146	643	-3
37	Luzes/Farol – alta/baixa	-115,75	659,79	1,31	-172	643	-3
38	Volante	17,77	550,15	146,05	5	555	137
39	Botão de alerta	64,22	660,92	10,39	63	643	-3
40	Alavanca de seta	167,77	651,06	-1,57	258	643	-3
41	Buzina	199,40	642,18	-150,10	140	660	-143

* Medidas em milímetros

Para as coordenadas coletadas do trator Massey Ferguson 292, verificou-se uma diferença considerável nos controles.

Tabela 3 - Diferença entre as coordenadas obtidas com o equipamento proposto e o método tradicional dos controles do trator Massey Ferguson 292

Sistema de medição→ Coordenadas→		Diferença equipamento/tradicional*		
		X	Y	Z
↓ Controles				
1	Ponto de fixação 1	16,00	25,29	-1,96
2	Ponto de fixação 2	16,00	-25,29	-1,96
3	Ponto de fixação 3	-16,00	25,29	-1,96
4	Ponto de fixação 4	-16,00	-25,29	-1,96
5	Interruptor da partida	54,88	-26,92	-10,08
6	Tração Ligado	20,26	4,82	4,77
7	Tração Desligado	8,44	18,81	5,59
8	Reduzida baixa- tartaruga	-0,26	-11,77	7,21
9	Reduzida alta- coelho	0,00	-4,88	-6,65
10	Tomada de força	4,14	33,72	3,35
11	Controle remoto 1	-4,04	-29,15	-5,33
12	Controle remoto 2	23,25	-24,25	-0,35
13	Alavanca de profundidade	-0,98	-25,76	0,12
14	Controle de levantar e abaixar implementos - baixado	7,15	-20,28	-2,02
15	Controle de levantar e abaixar implementos - baixado	1,73	-24,08	-1,48
16	Limitador de altura	78,88	26,07	-44,37
17	Velocidade da descida	2,00	0,00	1,00
18	Limitador de curso	-73,33	24,09	46,90
19	Bloqueio do diferencial	0,62	0,30	12,00
20	Acelerador manual – baixa	23,51	-18,46	-14,30
21	Acelerador manual – alta	19,80	-9,47	-5,03
22	Acelerador de pé - alta	61,63	-17,35	-17,52
23	Acelerador de pé – baixa	67,83	-33,01	-18,43
24	Freio de pé - direito	53,53	-5,35	-16,67
25	Freio de pé – esquerdo	57,39	-4,10	-12,68
26	Embreagem	41,97	11,73	-5,40
27	Freio de estacionamento	26,95	-3,88	-8,39
28	Alavanca de mudança câmbio – neutro	34,01	-12,49	-19,10
29	Alavanca de mudança câmbio – 1	28,00	5,87	-5,89
30	Alavanca de mudança câmbio – 2	32,85	24,68	-18,92
31	Alavanca de mudança câmbio – 3	26,95	12,66	-18,07
32	Alavanca de mudança câmbio – R	35,20	9,56	-11,12
33	Alavanca alta e baixa/grupos – neutro	43,14	5,88	-8,99
34	Alavanca alta e baixa/grupos – A	30,86	-3,89	-2,20
35	Alavanca alta e baixa/grupos – B	37,78	-16,49	-10,58
36	Luzes/Farol - Liga	37,76	14,36	-7,39
37	Luzes/Farol – alta/baixa	56,25	16,79	4,31
38	Volante	12,77	-4,85	9,05
39	Botão de alerta	1,22	17,92	13,39
40	Alavanca de seta	-90,23	8,06	1,43
41	Buzina	59,40	-17,82	-7,10

Esse fator de aumento da variação se deve a altura do piso do trator e das alavancas de câmbio dispostas à frente do assento, pois alguns controles estão posicionados acima de algumas alavancas, dificultando a coleta das coordenadas no eixo Z pelo método tradicional.

Tabela 4 - Estatística descritiva das coordenadas dos tratores analisados.

Sistema de medição	Coordenadas	Modelos analisados	Tamanho da amostra	Mínimo*	Máximo*	Amplitude Total*	Média Aritmética*	Variância	Desvio Padrão*	Coefficiente de Variação
Equipamento proposto**	X	MF 292	41	-311,56	446,63	758,19	126,79	44913,15	209,33	167%
	Y	MF 292	41	-311,56	446,63	758,19	126,79	44913,15	209,33	167%
	Z	MF 292	41	-560,52	186,97	747,49	-182,60	31111,57	174,22	-97%
Método tradicional**	X	MF 292	41	-330,00	415,00	745,00	106,76	45690,34	211,13	200%
	Y	MF 292	41	-110,00	690,00	800,00	379,05	69659,30	260,69	70%
	Z	MF 292	41	-543,00	192,00	735,00	-178,29	30630,41	172,87	-98%
Diferença	X	MF 292	41	-90,23	78,88	13,19	20,03	1098,48	32,74	165%
	Y	MF 292	41	-33,01	33,72	16,29	-1,93	344,21	18,33	-964%
	Z	MF 292	41	-44,37	46,90	12,49	-4,31	176,78	13,13	-308%

O trator Massey Ferguson 292 apresentou uma diferença entre as medidas tiradas pelo método tradicional e do equipamento proposto, que foi de -90,23 mm no eixo X. Isto se deve à falta de um piso mais uniforme para o posicionamento dos instrumentos de medição e a dificuldade em nivelar as régua para a coleta das medidas pelo método tradicional. Verificou-se que o mesmo pesquisador pôde conseguir uma precisão considerável e também uma diferença de 90,23 mm, levando-se em conta que essa medida pode alterar o posicionamento do controle em um alcance, não respeitando as normas exigidas.

4 CONCLUSÕES

O comparativo das metodologias pôde verificar a discrepância de valores nos dois métodos comparados, sendo que a metodologia proposta aumentou a acurácia dos dados e diminuir o tempo de amostragem de dados

A metodologia de medição a laser tem uma diferença considerável em relação ao método tradicional, tendo em vista que na área da ergonomia a precisão deve ser mensurada em décimo de milímetros.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Disponível em <

http://www.abnt.org.br/instit_apresen_body.htm>. Acesso em: 12 de set. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/NM/ISO 5353 - *Máquinas rodoviárias e tratores e máquinas agrícolas e florestais - Ponto de referência do assento*. Rio de Janeiro, maio 1999.

BARNES, R. *Estudo de movimentos e de tempos*. São Paulo: E. Blücher, 1977. 636 p.

DEBIASI, H. ; SCHLOSSER, J. F. ; PINHEIRO, E. D. Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n. 6, p. 1807- 1811, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Acesso em: 27 mar. 2006.

DUL, J., WEERDMEESTER, B. *Ergonomia prática*. São Paulo: E. Blücher, 1995. 147p.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2ª edição revista e ampliada São Paulo: E. Blücher, 2005. 630 p.

MÁRQUEZ, L. *Maquinaria agrícola y seguridad vial*. Boletim Salud y Trabajo, Madrid, n.56, 6p. 1986.

SILVA, A.L. Ergonomia aplicada em posto de trabalho do operador de tratores: sistema para aquisição de coordenadas tridimensionais. Botucatu, 2009. 157p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.