

Projetação, Análise Ergonômica e Estatística: Estudo de Caso de uma Adubadeira de Tração Animal

Barbara Fragoso (UTFPR) ba_fragoso@hotmail.com
Dayane Regina Trage (UTFPR) dayanereginafrage84@gmail.com
Sabrina Bianca Marmentini (UTFPR) sabrina.marmentini@live.com
Neusa Idick Scherpinski (UTFPR) neusascherpinski@gmail.com
Carlos Aparecido Fernandes (UTFPR) fernandesutfpr@gmail.com

Resumo:

Este trabalho explana melhorias em uma adubadeira de tração animal e também para o trabalhador que a conduz. O objetivo principal é o estudo de caso do equipamento, no qual se aplicou o método de Intervenção Ergonômica para auxiliar no posterior redesenho deste. Com base nos resultados das etapas de Avaliação e Diagnóstico, além da análise ergonômica e estatística feitas, foi possível implementar algumas das melhorias previstas. Pretende-se dar continuidade ao trabalho realizando cálculos não apenas estatísticos, visando encontrar um intervalo ótimo de altura. Após isto, propõem-se dar sequência à parte ergonômica, concluindo o redesenho e fazendo novas adaptações.

Palavras-chave: Agricultura familiar, Ergonomia, Adubadeira, Estatística.

Design, Ergonomic and Statistical Analysis: Case Study of a Compost Dispenser with Animal Traction

Abstract:

This work explains improvements in a compost dispenser with animal traction and some improvements for the worker who leads it. The main objective is the equipment's case study, in which was applied the Ergonomic Intervention method to assist its posterior redesigning. Based on the results of Assessment and Diagnosis studies, in addition to the ergonomic and statistics analysis, it was possible to implement some of the predicted improvements. It is intended to continue the work by performing not only statistics calculations, aiming to find a great range of height. After this, it is planned to continue working on the ergonomic part, completing the redesign and making new adaptations.

Key-words: Family agriculture, Ergonomics, Compost dispenser, Statistics.

1. Introdução

Com o desenvolvimento e evolução de vários equipamentos, tornou-se necessário concentrar-se na interação deste com seu operador, a fim de que o trabalho seja realizado de forma harmônica, prevenindo doenças ocupacionais tanto em grandes linhas de produção quanto em pequenas propriedades. Nota-se a grande quantidade de propriedades desenvolvendo a agricultura familiar, porém com pouco desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, equipamentos ultrapassados.

Desse modo, é importante o aprimoramento desses instrumentos de trabalho, visto que possuem maior versatilidade e custos baixos, não utilizam combustíveis e minimizam problemas relacionados a compactação do solo.

No Brasil, 4,1 milhões de propriedades rurais dependem da mão-de-obra familiar, sendo que de cada dez trabalhadores rurais, oito estão na produção familiar. O desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas de tração animal, com dispositivos de segurança, e que ofereçam o mínimo conforto para o operador e, ao mesmo tempo, levando-se em conta o limite de esforço físico suportável pelos mesmos seria, sem dúvida, uma grande iniciativa que se apresenta como mola propulsora para resolver, ainda que em parte, esse grande problema que não é só da agricultura familiar, mas de toda a sociedade brasileira (SALAU et al., 2006).

O presente trabalho teve como objetivo a reprojeção e a análise estatística e ergonômica de uma adubadeira de tração animal, empregada na adubação da terra em plantações de fumo. Realizou-se os estudos propostos para possibilitar, então, melhorias e também o redesenho do equipamento, tornando o trabalho ergonomicamente correto. Esse tipo de pesquisa é importante para que se tenha uma visão sobre a adequação de ferramentas e como isso pode trazer benefícios para quem o utiliza no trabalho, não alterando suas funções originais e mantendo suas características principais.

2. Fundamentação Teórica

De acordo com Falzon (2007), em todos os tempos e em muitas sociedades, a agricultura está fortemente vinculada a seu papel determinante para assegurar os recursos alimentares. No Brasil, o setor agrícola é um dos mais importantes dentro da economia, sendo que este sofre constantes alterações graças a implementação tecnológica.

Segundo o novo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), a agricultura familiar tem capacidade para colaborar na erradicação da fome mundial e alcançar a segurança alimentar sustentável. Também menciona-se no documento que esta produz cerca de 80% dos alimentos consumidos e preserva 75% dos recursos agrícolas do planeta. Dados estatísticos revelam que a agricultura familiar no Brasil representa 84% de todas as propriedades rurais do País e emprega pelo menos cinco milhões de famílias, sendo responsável pela maioria dos alimentos que chegam à mesa da população, como o leite (58%), a mandioca (83%) e o feijão (70%). Trata-se de um ramo tradicional na Região Sul devido à introdução por imigrantes europeus que se instalaram na região, trabalhando em propriedades agrícolas familiares. Estas propriedades se caracterizam, principalmente, pelo pequeno porte e pela mão de obra constituída pelos próprios membros da família. Estes, por sua vez, necessitam deter o conhecimento de todas as etapas de produção e devem tanto gerir seu trabalho quanto realizar as atividades mecânicas e braçais necessárias, tais como aração, gradagem, semeadura, tratamentos culturais, transporte e outros serviços agrícolas.

Conforme Ross (2009), grande parte da região Sul possui relevo constituído principalmente por planaltos. Com isto, o uso de maquinário moderno torna-se inviável em algumas áreas, sendo que outros fatores que contribuem para tal são o pequeno porte das propriedades, custo-benefício de adquirir um maquinário desse tipo e a impossibilidade de funcionamento destes em terrenos muito acidentados e/ou rochosos. Para contornar tal situação, faz-se uso de instrumentos rústicos e mais adequados à situação. Deste modo, as atividades desempenhadas, exigem um esforço físico que pode afetar o organismo do agricultor, levando-o ao desgaste, havendo necessidade de conhecer como esse trabalho é realizado nas propriedades rurais e quais são seus agravantes, possibilitando meios para modificá-lo e tentar torná-lo mais seguro e menos árduo para os mesmos (HEEMANN apud MONTEIRO, 2004).

Segundo Salau et al. (2006), em uma análise estatística de uma amostragem envolvendo 23 pequenas propriedades rurais dos municípios de São José dos Pinhais e Piraquara, na Grande Curitiba, concluiu-se que, a causa do problema de segurança envolvendo máquinas e equipamentos de tração animal, estava mesmo nas máquinas. Para Alonço (2004), as não-conformidades presentes nas máquinas agrícolas, consideradas como potencializadores de perigo, se sobrepõem a todos os outros aspectos ligados aos operadores ou mantenedores, pelo fato de permanecerem presentes em toda a etapa do ciclo de vida de uso, a mais longa de vida do produto.

A melhoria destes aspectos está relacionada à Ergonomia. A Associação Internacional de Ergonomia (IEA) definiu a mesma em 2000 como “o estudo científico da relação entre o homem e seus meios, métodos e ambiente de trabalho. Seu objetivo é elaborar, com a colaboração das diversas disciplinas científicas que a compõem, um corpo de conhecimento que, numa perspectiva de aplicação, deve ter como finalidade uma melhor adaptação ao homem dos meios tecnológicos de produção e dos ambientes de trabalho e de vida”. Esta pode promover um papel único na proteção da saúde dos trabalhadores rurais na prevenção de riscos relacionados ao trabalho, integrando conceitos das ciências sociais com os avanços tecnológicos (HEEMANN, 2009).

A importância da Ergonomia e segurança no manuseio de máquinas com tração animal nas operações executadas na propriedade rural são justificáveis do ponto de vista técnico-econômico, uma vez que, na pequena propriedade, poderá elevar a capacidade de utilização da mão-de-obra, proporcionando aumento na área cultivada, diminuindo o custo de produção e aumentando a produtividade, consequentemente, resultará em aumento na renda do produtor rural, conforme Salau et al. (2006).

3. Materiais e Métodos

O equipamento escolhido para estudo pertence a um agricultor residente no município de Serranópolis do Iguaçu, estado do Paraná. Este município está localizado no extremo oeste paranaense e possui cerca de 4.568 habitantes, segundo o IBGE. Situa-se a 75 quilômetros de Foz do Iguaçu e a 595 quilômetros da capital Curitiba. A base econômica do município é caracterizada pela agricultura e pela pecuária, sendo a agricultura a principal fonte de renda do município.

A adubadeira foi fabricada por volta do ano de 1980, pesando cerca de 25 quilogramas, com capacidade para 40 litros de adubo; O equipamento é projetado em madeira, ferro e borracha, sendo utilizado na adubação da terra em plantações de fumo. O mesmo utiliza a tração animal como força motora e se faz necessário, ainda, um trabalhador para segurá-lo e mantê-lo na posição correta, não sendo utilizado na chuva devido ao baixo rendimento e ao risco de atolar. A adubadeira possui um baixo custo de aquisição, sendo então recomendado para pequenos agricultores. Também auxilia em lugares com relevo acidentado, pois torna-se inviável o uso de maquinários maiores.

Primeiramente, capturou-se imagens do trabalhador fazendo uso da máquina e, de posse das mesmas, utilizou-se o software Ergolândia (versão 5.0 – licença gratuita por 30 dias) a fim de se obter dados referentes às medidas do corpo humano conforme se variava a altura. Segue a imagem utilizada para tal análise.



Figura 1 - Adubadeira de tração animal

Foi feita a estatística descritiva, que compreende os cálculos de medidas de posição (média, moda, mediana e quartis), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão, variância e coeficiente de variação) e medidas de forma (assimetria e curtose). Após, construiu-se os histogramas e os boxplots para cada medida do corpo e fez-se as interpretações necessárias.

Dividiu-se as alturas em quatro intervalos e então realizou-se uma análise de variância relacionando a altura com os intervalos da mesma. Em seguida foram feitos testes de comparação de médias, sendo que os testes utilizados foram Tukey e Fisher.

Calculou-se o coeficiente de correlação r e fez-se um gráfico de dispersão, considerando a altura no eixo x e as medidas do corpo no eixo y , onde se constatou uma correlação significativa (maior que 0,6).

Em relação à parte ergonômica, verificou-se com a análise das imagens no software Ergolândia que a postura do trabalhador apresenta-se, em geral, inadequada, acarretando prejuízos à coluna e aos pulsos. Com isso, houve necessidade de correção da posição do equipamento, que foi feita seguindo-se a metodologia de Intervenção Ergonômica de Moraes e Mont'Alvão (2010), dividida em cinco etapas, sendo que as de interesse do presente trabalho são: Apreciação, Diagnose e Projetação Ergonômica.

A Apreciação compreende o mapeamento dos problemas ergonômicos existentes, já verificados conforme realizadas as análises com o auxílio do software, atendendo os parâmetros de definição, requisitos e a presença humana na tarefa.

O processo de Diagnose permite aprofundar os resultados das hipóteses evidenciadas no processo de Apreciação. Esses resultados puderam fornecer parâmetros para a etapa de Projetação, no que se refere à identificação e à hierarquização dos problemas ergonômicos da máquina. Dentre as recomendações mais relevantes estão:

- a) Deixar o equipamento mais leve, modificando os materiais utilizados;
- b) Adequar uma regulagem de altura ao pé de abertura de covas já existente, possibilitando a alteração da profundidade da cova;
- c) Incluir uma segunda roda na parte traseira para permitir que esta auxilie no fechamento das covas, além de aumentar a estabilidade;
- d) Corrigir a postura, adequando as medidas do equipamento em relação a uma altura considerada ideal do trabalhador.

A Projeção Ergonômica trata de adaptar o equipamento às necessidades do trabalhador, e compreende o detalhamento de todos os seus componentes, atendendo às modificações detalhadas na etapa de Diagnose. Utilizou-se o software Solidworks (2014) para traçar um esboço inicial do redesenho.

4. Resultados e Discussões

4.1. Análise Exploratória dos Dados

Os gráficos de histogramas, dispersão e boxplot, conforme Figuras 2 a 7, apresentam as características das variações das diferentes medidas das partes do corpo humano na operação do equipamento agrícola utilizado neste estudo. Fez-se também um resumo estatístico descritivo, com objetivo de descrever e comparar as características das diferentes variações conforme resultados apresentados na Tabela 1.

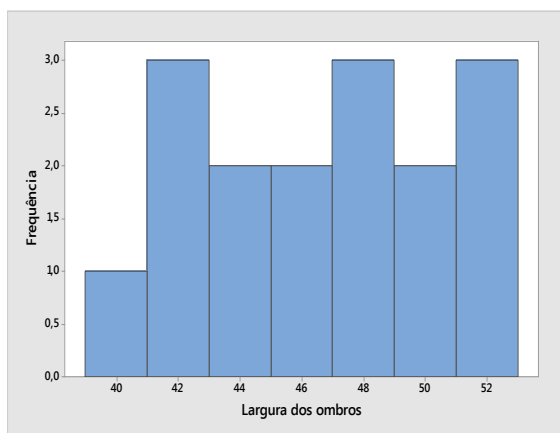


Figura 2 - Histograma da largura dos ombros

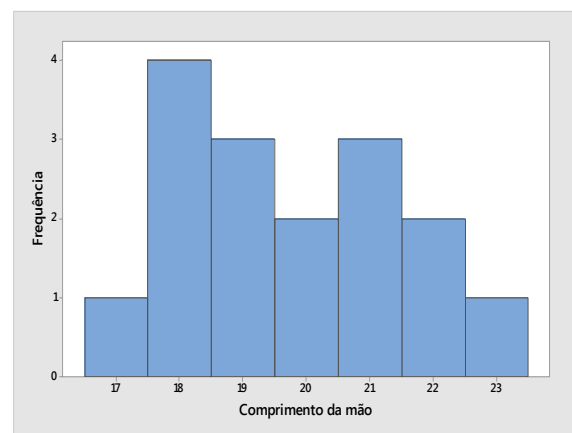


Figura 3 - Histograma do comprimento da mão

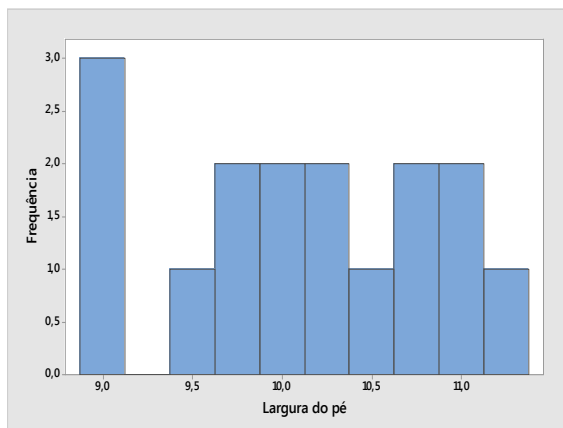


Figura 4 - Histograma da largura do pé

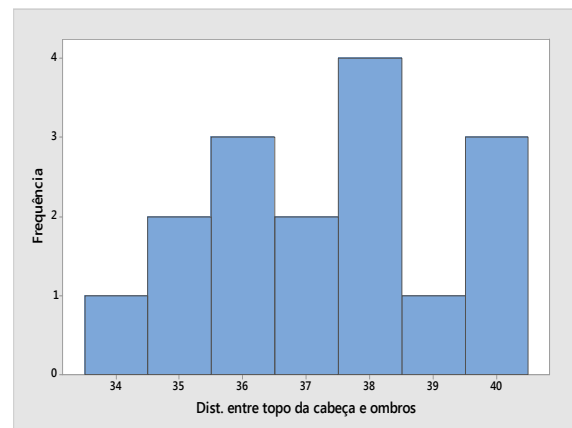


Figura 5 - Histograma da distância entre o topo da cabeça e ombros

Nas Figuras 4 e 5, os histogramas apresentam-se com tendências de distribuição normal, sendo simétricos, indicando que os dados não possuem grandes variações, estando dentro do esperado. Apenas as variáveis largura dos ombros e comprimento das mãos apresentaram-se com ligeira tendência assimétrica (Figuras 2 e 3); A primeira, largura dos ombros, tem tendência à assimetria negativa, indicando maior variação para medidas de ombro de até 40 centímetros; Para o comprimento das mãos, uma maior variação ocorre para as medidas

superiores a 22 centímetros, ou seja, há tendência assimétrica positiva. As variações entre as diferentes partes do corpo podem ser visualizadas no gráfico de dispersão conforme Figura 6.

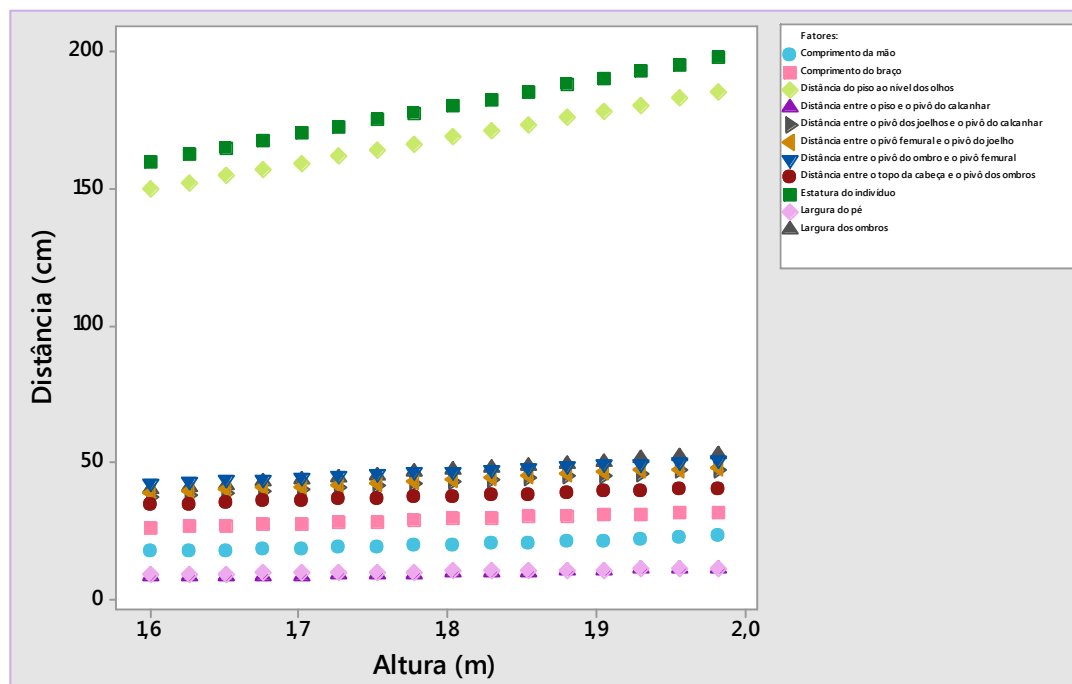


Figura 6 - Gráfico de dispersão entre as medidas do corpo e altura

Analisando-se o gráfico de dispersão, nota-se que para todas as medidas existe uma tendência de linearidade em seus dados, indicando assim a existência de uma relação entre os fatores correlacionados fortemente.

Ao verificar-se os boxplots para cada medida das partes do corpo, não apresentados neste artigo, observou-se que os mesmos seguem um padrão semelhante e que não possuem pontos discrepantes. Com isso, pode-se concluir que não existe grande variação dos dados conforme a análise dos histogramas, validando a tendência a normalidade. Com base nestas conclusões, foi feito outro boxplot (Figura 7) para relacionar as diferentes medidas do corpo humano utilizadas com o estudo do dimensionamento ergonômico do equipamento agrícola.

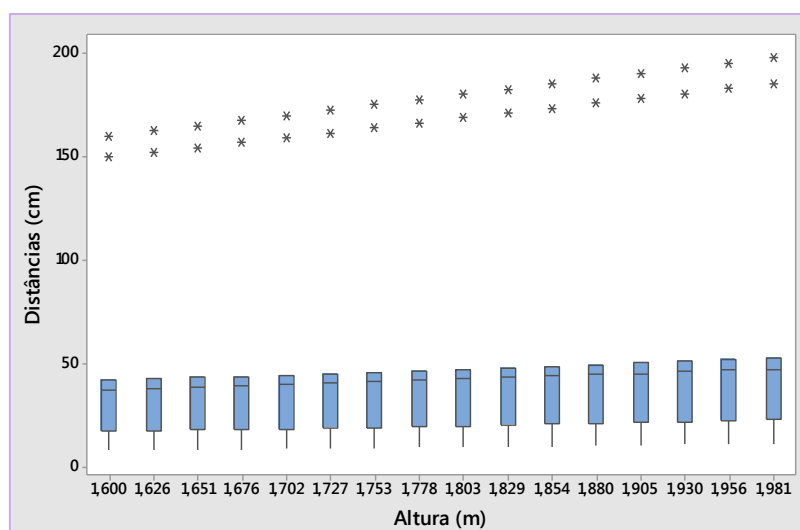


Figura 7 - Boxplot da altura pelas distâncias (medidas do corpo)

Conforme o boxplot, pode-se perceber a existência de duas linhas de pontos discrepantes, representando as medidas altura e distância do piso aos nível dos olhos. Estas são as medidas com os maiores valores dentre todas, e por este motivo aparecem como pontos discrepantes do gráfico. Essas discrepâncias aparecem para as distâncias superiores a 150 centímetros para ambas as alturas.

4.2. Estatística descritiva

Para fazer as adaptações do equipamento fez-se uma análise estatística em relação as medidas do corpo. De posse desta, pode-se adequar as medidas da adubadeira de acordo com os valores encontrados.

A Tabela 1 apresenta um resumo estatístico, com as principais medidas descritivas segundo os pressupostos metodológicos da Estatística Clássica.

Medidas do corpo	$\bar{X}$	CV	Me	As	K
Comprimento da mão	19,77	9,04%	19,55	0,261316	-1,13016
Comprimento do braço	28,99	6,19%	28,95	0,082688	-1,24745
Distância do piso aos olhos	167,7	6,70%	167,8	0,002572	-1,18514
Distância entre o piso e o calcanhar	9,42	11,46%	9,35	0,194548	-1,3222
Distância entre os joelhos e o calcanhar	42,48	7,59%	42,55	-0,01307	-1,22762
Distância entre o pivô femural e os joelhos	43,38	7,10%	43,35	-0,04563	-1,2073
Distância entre os ombros e o pivô femural	46,5	5,94%	46,5	0,024915	-1,14922
Distância entre o topo da cabeça e os ombros	37,31	5,20%	37,3	-0,00257	-1,1305
Estatutura do indivíduo	179,07	6,75%	179,1	-0,00059	-1,2006
Largura do pé	10,06	7,09%	10,05	-0,08368	-1,09778
Largura dos ombros	46,51	8,61%	46,6	-0,02891	-1,16659

Nota: $\bar{X}$ = média, CV = coeficiente de variação, Me = mediana, As = coeficiente de assimetria, K = curtose. Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Estatística descritiva para cada medida do corpo

Conforme a tabela apresentada, verificou-se que, em relação ao coeficiente de variação, as porcentagens são baixas e menores que 20%, reforçando a baixa variabilidade dos dados. Para o coeficiente de assimetria (As), tem-se que todas as medidas possuem um valor muito próximo de zero, portanto apresentando uma forma simétrica considerada normal. Para a curtose (K), ressalta-se que para todas as medidas seus valores são negativos, caracterizando uma amostragem de dados platicúrtica que, para a maioria das distribuições expressa baixa variabilidade e baixa frequência de dados, podendo significar que a amostra é insuficiente; Porém, para este caso, destaca-se que a altura de uma pessoa adulta não varia muito do intervalo de 1,60 a 1,98 metros, não sendo, portanto, uma amostra insuficiente. Essas análises indicam que para os fatores descritos neste estudo, atende-se os intervalos ideais considerados no manuseio do equipamento pelo trabalhador.

4.3 Análise de variância

A Tabela 2 apresenta a análise de variância realizada em função das alturas e das variações de altura. As alturas foram divididas em quatro intervalos com diferença de 10 centímetros entre cada um deles, e o nível de significância utilizado foi de $\alpha = 0,05$.

Fonte de variação	<i>Gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>
Variação de alturas	3	2,2698	0,7566	915
Resíduos	172	0,1422	0,0008	
Total	175	2,4121		

Gl = grau de liberdade, *SQ* = soma dos quadrados médios, *QM* = quadrados médios, *F* = estatística do teste. Fonte: Autoria própria

Tabela 2 –Análise de variância das variações com variações de 10 cm

Como o *F* crítico do teste é igual a 2,6, valor inferior ao da estatística *F*, 915, a hipótese nula foi rejeitada, indicando assim a existência de diferenças significativas entre as médias nas variações dos intervalos. Estas diferenças foram contrastadas segundo testes de comparações de médias de Tukey e Fisher a 5% de significância conforme apresentado na Tabela 3.

Variação de alturas	Dms	Médias	Tukey	Fisher
1,90 a 1,99	44	1,943	A	A
1,80 a 1,89	44	1,8415	B	B
1,70 a 1,79	44	1,74	C	C
1,60 a 1,69	44	1,6383	D	D

Dms = diferença mínima significativa. Fonte: Autoria própria

Tabela 3 - Testes de Tukey e Fisher a 95% de confiança

De acordo com a tabela acima, constatou-se uma diferença significativa entre as médias, já que todas são representadas por letras diferentes, reforçando assim, o resultado da ANOVA. Também tem-se que nos dois testes os resultados foram os mesmos e possuem a mesma eficiência.

Seguindo-se o que foi planejado na etapa de Projetação, traçou-se um esboço preliminar do equipamento com a utilização do software Solidworks, porém ainda sem levar em consideração as medidas em relação às análises estatísticas feitas, conforme Figura 8.

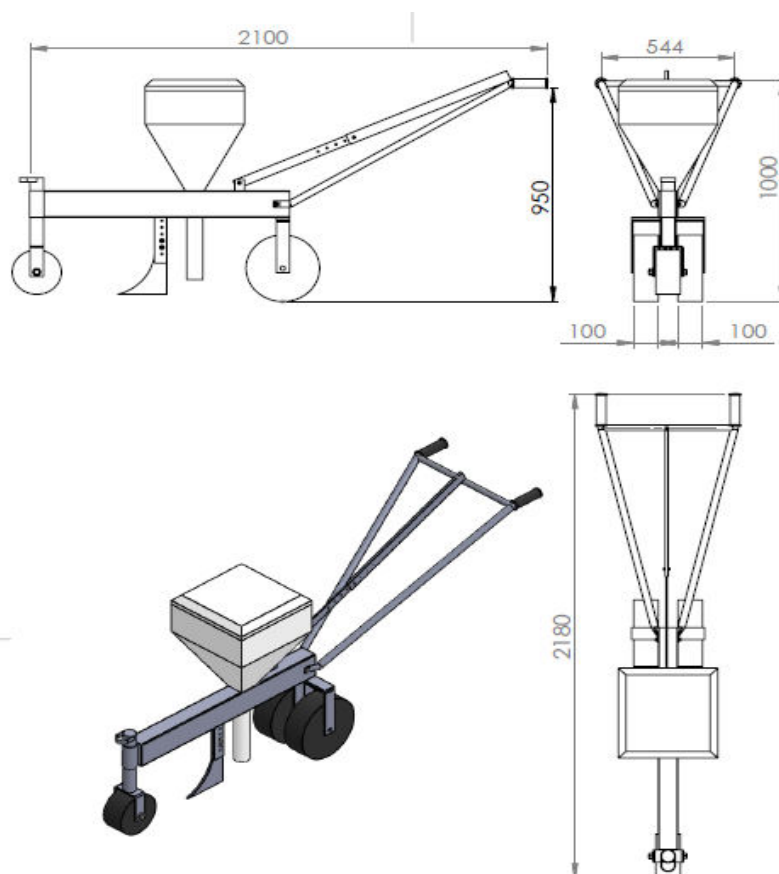


Figura 8 - Esboço do equipamento com algumas modificações

De acordo com a figura acima, os braços, o eixo principal e o pé de abertura da cova continuaram sendo de ferro, mantendo a resistência do equipamento, e a substituição das rodas de ferro por pneus de borracha tornou-as mais adaptáveis ao solo. Houve substituição do material do reservatório de adubo por um plástico mais leve e acréscimo de borrachas na ponta dos braços para maior conforto no manuseio da adubadeira. Instalou-se regulagens nos braços para adequação conforme altura do trabalhador, e também no pé de abertura para controlar a profundidade da cova. A adição de pneus traseiros trouxe equilíbrio e ajudou no fechamento das covas.

5. Conclusão

A partir da análise ergonômica e estatística feita foi possível implementar algumas das melhorias previstas, tais como adequação de regulagens de altura nos braços e no pé de abertura de covas e inclusão de rodas traseiras. Com estas alterações, o trabalho se torna menos cansativo, tendo em vista que a função do trabalhador não é mais a de segurar o equipamento, e sim de apenas guiá-lo para verificar sua eficiência, reafirmando a justificativa do estudo.

Cabe destacar a importância de desenvolver máquinas e implementos de tração animal seguros tendo em vista a expressiva participação da agricultura familiar no contexto sócio-econômico do Brasil, visando melhorias na qualidade do trabalho, em termos ergonômicos, de segurança, operacionais e de manutenção (SALAU et al., 2006).

Pretende-se prosseguir este trabalho realizando cálculos além da parte estatística, visando encontrar um intervalo ótimo de altura. Nesse sentido, procura-se trabalhar com funções do

segundo grau, já que as mesmas apresentam um gráfico no formato de parábola e, consequentemente, apresentam um ponto de máximo ou de mínimo. Dessa forma, procura-se encontrar estes pontos para cada medida do corpo, relacionando-os com a altura, para que assim possa dar-se continuidade à parte ergonômica do mesmo, concluindo o redesenho e fazendo novas adaptações.

Referências

ALONÇO, A. DOS S. *Metodologia de projeto para concepção de máquinas agrícolas seguras*. Florianópolis: UFSC, 2004. 221 p. Tese de Doutorado em Eng. Mecânica.

BITTENCOURT, G.; BUAINAIN A. M.; GUANZIROLI C.; ROMEIRO, A.; SABBATO A. DI. *Agricultura familiar e reforma agrária no Século XXI*. Rio de Janeiro, 2001. Editora Garamond Ltda. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fzCJFVodiN0C&oi=fnd&pg=PA15&dq=Agricultura+familiar&ots=bdlLTsoaCM&sig=-7v2CMB52vhdLp6jG6mjbFzkKcc#v=onepage&q=Agricultura%20familiar&f=false>> Acesso em: 21/05/2016.

ERGOLÂNDIA. Versão 5.0. Disponível em: <<http://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>> Acesso em: 09/06/2016.

EXCEL. 2010. Disponível em: <<https://products.office.com/pt-br/home>> Acesso em: 09/06/2016.

FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 640 p.

HEEMANN F. *O cultivo do fumo e condições de saúde e segurança dos trabalhadores rurais*. 2009. 170 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

IBGE CIDADES. *Infográficos – Serranópolis do Iguaçu*. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/2AYP>> Acesso em: 09/06/2016.

MINITAB. Versão Estudante 2013. Disponível em: <<https://www.minitab.com/pt-br/academic/>> Acesso em: 09/06/2016.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB, 2009.

PORTAL BRASIL. *ONU reforça a importância da agricultura familiar*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/10/onu-reforca-a-importancia-da-agricultura-familiar>> Acesso em: 21/05/2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRANÓPOLIS DO IGUACU. *Histórico*. Disponível em: <<http://www.serranopolis.pr.gov.br/municipio/7/hista%EF%BF%BDrco>> Acesso em: 15/08/2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRANÓPOLIS DO IGUACU. *Turismo*. Disponível em: <<http://www.serranopolis.pr.gov.br/turismo>> Acesso em: 15/08/2016.

ROSS, JURANDYR L. SANCHES. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALAU, C. R.; GORNISKI, D. G.; JOSÉ PAULO DE BRITO, J. P. *Importância da segurança em máquinas e implementos de tração animal*. Ponta Grossa: UEPG, 2006. 36p. Trabalho de Conclusão de Curso em Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

SILVA, A. B. D.; RIBEIRO L. G.; WANDERLEY, Y. V. *Aplicações dos métodos e técnicas da ergonomia na avaliação de sistemas homem-tarefa-máquina - um estudo de caso*. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/385_lavanderia_aet.pdf> Acesso em: 09/06/2016.

SOLIDWORKS. 2014. Disponível em: <<http://www.solidworks.com/>> Acesso em: 09/06/2016.