

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM *DESIGN*

INTERVENÇÃO ERGONÔMICA E O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA CONCEPÇÃO DE PRODUTOS: O *DESIGN* DE UMA PLANTADORA MECANIZADA DE MANDIOCA

DANIEL AUGUSTO FERRARI

Bauru - 2014

DANIEL AUGUSTO FERRARI

INTERVENÇÃO ERGONÔMICA E O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA CONCEPÇÃO DE PRODUTOS: O *DESIGN* DE UMA PLANTADORA MECANIZADA DE MANDIOCA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em *Design* da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - *campus* de Bauru, como exigência parcial à obtenção do Título de Mestre em Design - Área de concentração: Ergonomia.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos

Bauru - 2014

Ferrari, Daniel Augusto.
Intervenção ergonômica e o uso da simulação computacional na concepção de produtos : o design de uma plantadora mecanizada de mandioca / Daniel Augusto Ferrari, 2014. 158 f. il.

Orientador: João Eduardo Guarnetti dos Santos

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014

1. Ergonomia agrícola. 2. Simulação. 3. Projetos agrícolas. 4. Método rula 5. Computação gráfica. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita FIlho" – Campus Bauru
Orientador

Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita FIlho" – Campus Bauru

Profª. Drª. Cristiane Affonso de Almeida Zerbetto
Universidade Estadual de Londrina – Centro de Educação Comunicação e Artes

Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita FIlho" – Campus Bauru
Suplente

Prof. Dr. Paulo Kawauchi
Universidade de Marília – Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Suplente

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Campus Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE DANIEL AUGUSTO FERRARI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DO(A) FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICACAO DE BAURU.

Aos 28 dias do mês de março do ano de 2014, às 15:00 horas, no(a) Auditório da Secretaria da Pós-Graduação - FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicacao de Bauru, Profa. Dra. CRISTIANE AFFONSO DE ALMEIDA ZERBETTO do(a) Departamento de Design / Universidade Estadual de Londrina, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de DANIEL AUGUSTO FERRARI, intitulado "A INTERVENÇÃO ERGONÔMICA E O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA CONCEPÇÃO DE PRODUTOS: O DESIGN DE UMA PLANTADORA MECANIZADA DE MANDIOCA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA

Profa. Dra. CRISTIANE AFFONSO DE ALMEIDA ZERBETTO

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Bauru - SP
CEP 17.033 360 - Tel.: (14) 3103-6000 - Fax: (14) 3103-6051
site: www.faac.unesp.br

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Augusto e Josefina**, que abdicaram suas vidas para viverem em função dos filhos.

Aos meus irmãos, **Gustavo e Priscila**, por me tolerar nos momentos de angústia.

A **Talita**, minha outra metade.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus orientadores, Prof. Guarnetti e Prof. Abílio, por acreditarem em minhas potencialidades.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em *Design* FAAC – Unesp: Prof. José Carlos Plácido da Silva, Prof. João Roberto Gomes de Faria, Prof. Luis Carlos Paschoarelli, Profa. Marizilda dos Santos Menezes, Prof. João Candido Fernandes e Prof. Galdenoro Botura Junior, pelos conhecimentos fornecidos.

Aos profissionais da Seção Técnica de Pós-Graduação em Design da FAAC-Unesp: Silvio, Helder e Luis, pela presteza em atender e solucionar minhas dúvidas.

A todos os colegas de mestrado, em especial ao Gabriel H. Cruz Bonfim, pela generosidade, e ao colega Alexandre de Souza Ribeiro, pela troca de conhecimentos.

Ao Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza" (CEETEPS), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp) e à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (FUNDUNESP).

Finalmente, a todos os trabalhadores rurais, que dedicam suas forças, com muito suor e sofrimento, para gerar a energia que movimenta este país.

"Seja lá o que você pode fazer, ou sonhar... Comece.

A ousadia sempre traz consigo genialidade, poder e mágica."

Goethe

FERRARI, Daniel Augusto. **Intervenção ergonômica e o uso da simulação computacional na concepção de produtos: o *design* de uma plantadora mecanizada de mandioca.** Dissertação (Mestrado em *Design*) – Programa de Pós-Graduação em *Design*. Bauru: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2014. 158 p.

RESUMO

Em parte das empresas do setor industrial agrícola, observam-se projetos de máquinas e equipamentos desenvolvidos com problemas ergonômicos. Isso se dá pela falta de conhecimento do tema pelos projetistas envolvidos e pelo aumento dos custos para adequação dos sistemas projetados, bem como por parte dos consumidores, que não exigem ou não possuem conhecimento do assunto. Através de um estudo de caso, foi aplicado o método de intervenção ergonômica na concepção do reprojeto de uma plantadora mecanizada de mandioca, respeitando as etapas propostas de: apreciação, diagnose, projetação e pré-validação, culminando em uma nova proposta conceitual. Utilizando-se de recursos computacionais gráficos, fez-se uma análise do projeto atual e do reprojeto com foco ergonômico, através de simulações de análises do envoltório de alcance das máquinas e avaliações posturais por meio da utilização de manequins virtuais DHM. Os resultados obtidos na pesquisa comprovaram que o uso da simulação computacional para antever questões ergonômicas na concepção de máquinas agrícolas, pode ser uma das soluções para que se comece a estabelecer a cultura da Ergonomia dentro desses setores.

Palavras-chave: Ergonomia Agrícola, Simulação, Projetos Agrícolas, Método RULA, Computação Gráfica.

FERRARI, Daniel Augusto. **Ergonomic intervention and the use of computer simulation in product conception: design of a mechanized cassava planter.** Dissertation (Master of Design) – Post-graduation Program in Design. Bauru: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2014. 158 p.

ABSTRACT

In part of companies in the agricultural industry, it is observed that machinery and equipment projects are developed with ergonomic problems. It is due to lack of knowledge of the subject by the designers involved and the increased costs to adjust the designed systems, and it is also due to consumers who do not require or do not have knowledge of the subject. Through a case study, the author applied the method of ergonomic intervention in the redesign conception of a mechanized cassava planter, respecting the proposed steps: assessment, diagnosis, designing and pre-validation; culminating in a new conceptual proposal. Using graphics computing resources, it was made an analysis of the current project and redesign with ergonomic focus, through analysis simulations of the wrap range of the machines and postural assessments through the use of Digital Human Models (DHM). The results obtained in this research showed that the use of computer simulation to predict ergonomic issues in the conception of agricultural machinery, can be one of the solutions to the beginning of the establishment of ergonomic culture in those sectors.

Keywords: Agricultural Ergonomics, Simulation, Farming Projects, RULA Method, Computer Graphics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificações da Ergonomia. 28
Figura 2 - Estimativas de comprimentos, partes do corpo sentado, em função da altura H. 30
Figura 3 - Proposta metodológica para o *design* ergonômico. 35
Figura 4 - Metodologia de *Design*. 36
Figura 5 - Metodologia de Intervenção Ergonomizadora. 37
Figura 6 - Metodologia de *Design* MD3E. 38
Figura 7 - Exemplo de uma situação de trabalho em uma indústria automobilística (montagem do carpete). À esq. situação real, à dir. simulação com DHM. 42
Figura 8 - Mapa do projeto de redesenho de um ambiente de trabalho em um navio de pesca utilizando manequins DHM's. 43
Figura 9 - (a) suspensão mecânica com fixação simples; (b) suspensão com fixação dupla; (c) suspensão pneumática. 46
Figura 10 - À esquerda, banco com suspensão mecânica compacta por mola helicoidal. À direita, banco com suspensão mecânica compacta por mola de lâmina. 46
Figura 11 - Plantadora mecanizada de mandioca em estudo. 55
Figura 12 - Composição do produto. 56
Figura 13 - Caracterização e Posição Serial do Sistema de Plantio Mecanizado de Mandioca. 58
Figura 14 - Máquina apreciada e equipe de desenvolvedores no pátio da empresa. 59
Figura 15 - (1) - Proteção móvel dos elementos de transmissão do sistema de distribuição de fertilizante, (2) - Proteção móvel dos elementos de transmissão do sistema de corte (plataforma), (3) - Assento sem regulagens. 62
Figura 16 - Sequência de movimentos no processo de plantio mecanizado. Alcançar, separar visualizar e introduzir as ramas no bocal de abastecimento. 63
Figura 17 - Máquina em campo - (1) - Fueiros dispostos nas laterais da bandeja, (2) - Ausência de regulagem nas bandejas. 65

Figura 18 - Máquina em campo - (1) - Bocal de abastecimento situado no piso e entre as pernas do operador, obriga o indivíduo a realizar postura inadequada..... 66
Figura 19 - Máquina disponibiliza regulagens de espaçamento entre unidades de plantio. Situação que leva à variação na distância entre operador e bandeja porta ramas. 66
Figura 20 - Desenho da plantadora em formato DWG fornecido pela empresa fabricante em três vistas ortográficas. 71
Figura 21 - Desenho em 3D da plantadora de mandioca realizado com o *software* Dassault Systèmes Solidworks 2012, versão estudantil. 71
Figura 22 - Norma AFNOR X-35-104. 72
Figura 23 - Desenho em 3D da norma AFNOR X 35-104-1980 realizado no *software* Dassault Systèmes Solidworks 2012, versão estudantil. 72
Figura 24 - Volume do envoltório de alcance coincidente (cor vermelha) entre norma AFNOR-X-35-104-1980 e espaço da bandeja porta-ramas. 73
Figura 25 - Ordenação hierárquica do Sistema de Plantio Mecanizado de Mandioca. 78
Figura 26 - Trator e plantadora. Inobservância de proteções para os olhos, nariz e ouvidos. 80
Figura 27 - Máquina carregada com capacidade máxima de ramas, inclusive em espaços improvisados. 84
Figura 28 - Máquina totalmente carregada obriga a abdução dos membros superiores..... 84
Figura 29 - Inclinação do tronco para frente. 85
Figura 30 - Torção do tronco de modo a verificar a efetivação do plantio. 86
Figura 31 - Bandeja com a capacidade mínima de ramas. Obriga a inclinação lateral do tronco..... 86
Figura 32 - Diagrama de Corllet e Manenica (1980). Somatória dos apontamentos dos 11 indivíduos entrevistados após operação da Plantadora de Mandioca. 90
Figura 33 - Caixa de diálogo RULA Analisys. 94
Figura 34 - Manequim virtual (DHM) e editor de dimensões. 96
Figura 35 - Ferramenta de edição de limitações angulares que se utiliza da cinemática inversa. 96

Figura 36 - Postura 1 - Introdução das ramas - Manequim virtual (DHM) e caixa de diálogo "RULA Analysis". 97
Figura 37 - Postura 2 - Alcance das ramas com volume máximo - manequim virtual e caixa de diálogo "RULA Analysis"..... 98
Figura 38 - Postura 3 - Alcance das ramas com volume médio - manequim virtual e caixa de diálogo "RULA Analysis"..... 98
Figura 39 - Postura 4 - Alcance das ramas com volume mínimo - Caixa de diálogo "RULA Analysis" e manequim virtual. 99
Figura 40 - Módulos de sombreadores fabricados em tela de polietileno de alta densidade..... 108
Figura 41 - Cobertura arquitetônica construída em polietileno de alta densidade com tratamento UV. 108
Figura 42 - *Sketches* iniciais de cobertura da plantadora. 109
Figura 43 - Conceito final da cobertura da plantadora - Peso de ≅ 14 Kg. ... 109
Figura 44 - Estudo de *Layout* utilizando-se como referência a norma AFNOR-X-35-104..... 111
Figura 45 - *Sketch* do novo reservatório de adubo. Materiais: aço carbono e polietileno. 112
Figura 46 - Conceito final do reservatório de adubo da plantadora. Capacidade 118 L. 112
Figura 47 - *Sketches* da bandeja central da plantadora. 114
Figura 48 - *Sketch* da bandeja central em perspectiva..... 114
Figura 49 - Conceito final da bandeja central. 115
Figura 50 - *Sketch* da vista frontal da nova plantadora. 116
Figura 51 - Conceito final da bandeja lateral. "*Fueiros*" arredondados..... 116
Figura 52 - *Sketch* do assento com regulagens. 118
Figura 53 - Conceito final do assento. Sistema de amortecimento e regulagens. 118
Figura 54 - *Sketch layout* frontal do assento e do bocal de alimentação..... 119
Figura 55 - Conceito final da plantadora redesenhada (perspectiva vista de frente). 120
Figura 56 - Conceito final da plantadora redesenhada (perspectiva vista traseira). 121

Figura 57 - Esquerda - espaçamento entre linhas em 120 cm. Direita - espaçamento entre linhas em 80 cm..... 121
Figura 58 - Volume do envoltório de alcance coincidente (cor vermelha) entre norma AFNOR-X-35-104-1980 e espaço das bandejas redesenhadas. 123
Figura 59 - Postura - Alcance das ramas com volume médio em máquina redesenhada - Manequim virtual e caixa de diálogo "RULA *Analysis*"..... 126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Volume do envoltório de alcance, segundo norma AFNOR-X-35-104-1980 em função dos espaçamentos adotados em plantio - Plantadora de Mandioca em estudo. 74
Quadro 2 - Localização geográfica das propriedades rurais pesquisadas. 76
Quadro 3 - Problemas e possíveis soluções informadas pelos próprios utilizadores do implemento em estudo. 78
Quadro 4 - Resultados das indagações: idade, estatura, peso e uso de proteções individuais. 82
Quadro 5 - Registro de duração de posturas assumidas - Plantadora de Mandioca em estudo. 88
Quadro 6 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura - Separar/introduzir ramas na Plantadora de Mandioca em função dos 11 manequins avaliados. 100
Quadro 7 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade máxima de ramas na Plantadora em função dos 11 manequins avaliados. 101
Quadro 8 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade média de ramas na plantadora em função dos 11 manequins avaliados. 102
Quadro 9 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade mínima de ramas na plantadora em função dos 11 manequins avaliados. 103
Quadro 10 - Priorização dos problemas evidenciados na utilização da plantadora em estudo através da técnica GUT (Gravidade, Urgência, Tendência). 106
Quadro 11 - Volume do envoltório de alcance, segundo norma AFNOR-X-35-104-1980 em função dos espaçamentos adotados em plantio - plantadora redesenhada. 124
Quadro 12 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura - Separar/introduzir ramas na Plantadora de Mandioca redesenhada em função dos 11 manequins avaliados. 127

Quadro 13 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade máxima de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados..... 128
Quadro 14 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com metade da capacidade de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados..... 129
Quadro 15 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade mínima de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados..... 130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volume máximo disponível da bandeja da plantadora, segundo norma AFNOR X 35-104-1980, para 1 (um) operador : 0,5 m³ = 100% 75
Gráfico 2 - Ocorrência de apontamentos de dor/desconforto e seus níveis de intensidade na operação da máquina. Síntese dos resultados. 91
Gráfico 3 - Média das respostas dos 11 indivíduos entrevistados quanto à usabilidade da plantadora de mandioca. 92
Gráfico 4 - Pontuação média (RULA) das principais posturas assumidas na Plantadora de Mandioca - desenho atual. 104
Gráfico 5 - Volume máximo disponível da bandeja da plantadora de mandioca, segundo norma AFNOR X 35-104-1980, para 1 (um) operador..... 124
Gráfico 6 - Comparativo das médias de aproveitamento do espaço total de alcançe às bandejas, conforme norma AFNOR-35-104-1980. 125
Gráfico 7 - Pontuação média (RULA) das principais posturas assumidas na Plantadora de Mandioca - Redesenho com enfoque ergonômico. 131
Gráfico 8 - Síntese comparativa entre eficiência dos *layouts* das plantadoras analisadas, segundo método RULA. 132

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET	Análise Ergonômica de Trabalho
AFNOR	*Association Française de Normalisation*
CAD	*Computer Aided Design*
CAM	*Computer Aided Manufacturing*
CEASA	Central de Abastecimento
CONEP	Comitê Nacional de Ética em Pesquisa
CNC	*Computer numeric control*
CNS-MS	Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde
DHM	*Digital Human Mannequin*
DM	*Digital Manufacturing*
DMP	*Digital Manufacturing Process*
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GUT	Gravidade Urgência Tendência
IARC	*International Agency for Research on Cancer*
IEA	*International Ergonomics Association*
MD3E	Método de Desdobramento em 3 Etapas
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NIOSH	*National Institute for Occupational Safety and Health*

NR	Norma Regulamentadora
PDM	*Product Data Management*
PFF1	Proteção Facial Filtrante tipo 1
PLM	*Product Lifecycle Management*
RULA	*Rapid Upper Limb Assessment*
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 23
1.1 Justificativas 23
1.2 Estrutura da pesquisa 25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 26
2.1 Aspectos considerados no projeto da pesquisa 26
2.1.1 Ergonomia e suas definições 26
2.1.2 Ergonomia no trabalho agrícola 28
2.1.3 Antropometria no trabalho agrícola 29
2.1.4 Ergonomia e segurança *versus* indústria de máquinas agrícolas e empresário rural 31
2.1.5 A problematica da ausência de aplicação de metodologias projetuais ergonômicas na indústria de máquinas agrícolas 32
2.1.6 Metodologias de *Design* Ergonômico 34
2.1.7 A utilização da simulação através de sistemas computacionais gráficos em projetos ergonômicos 39
2.1.7.1 Simulação 39
2.1.7.2 Os sistemas PLM 40
2.1.7.3 Os *softwares* DMP 40
2.1.7.4 Modelos Humanos Digitais 41
2.2 Uma abordagem geral sobre fatores ambientais e as condições operacionais da plantadora 44
2.2.1 A postura sentada em maquinários agrícolas 44
2.2.2 Sistema de suspensão em assentos de maquinários agrícolas 45
2.2.3 Efeitos da radiação solar no trabalho agrícola 47
2.3 Considerações acerca da revisão bibliográfica 48
3. OBJETIVOS 49
3.1 Objetivo geral 49
3.2 Objetivos específicos 49
4. MATERIAIS E MÉTODOS 50
4.1 Materiais 50
4.2 Métodos 51

4.2.1 Procedimentos Metodológicos 51
5. ESTUDO DE CASO: O *DESIGN* DE UMA PLANTADORA MECANIZADA DE MANDIOCA BASEADO EM CRITÉRIOS ERGONÔMICOS 54
5.1 Apreciação ergonômica 54
5.1.2 Sistematização do sistema homem-tarefa-máquina 57
5.1.3 Problematização do sistema homem-tarefa-máquina 58
5.1.3.1 Análise do manual de instruções e a importância da NR 31 na utilização do equipamento 58
5.1.3.2 Sistemas de proteção: análise da NR 12 e 17 60
5.1.3.3 Análise da tarefa 62
5.1.3.4 Arranjo físico e regulagens 64
5.1.4 Problematização: resultados 67
5.1.5 Predições 68
5.1.6 Conclusão da apreciação ergonômica do sistema homem-tarefa-máquina: plantadora mecanizada de mandioca 68
5.2 Diagnose ergonômica 69
5.2.1 Análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico 70
5.2.2 Resultados da análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico 74
5.2.3 Análise macroergonômica 75
5.2.4 Análise da ambiência física da tarefa 79
5.2.5 Perfil e voz dos operadores: dados gerais 81
5.2.6 Perfil e voz dos operadores: posturas assumidas 83
5.2.7 Perfil e voz dos operadores: resultados da aplicação do diagrama de Corllet e Manenica 89
5.2.8 Perfil e voz dos operadores: resultados da aplicação do questionário de conforto na utilização do equipamento 91
5.2.9 Aplicação do método RULA utilizando *software* DMP 93
5.2.9.1 O método RULA 93
5.2.9.2 Construção da simulação utilizando o método RULA 95
5.2.10 Resultados da aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP 99
5.2.11 Recomendações ergonômicas do sistema homem-tarefa-máquina 105

5.3 Projetação ergonômica 106
5.3.1 Criação de uma cobertura 107
5.3.2 Redesenho do envoltório de alcance 110
5.3.3 Redesenho das bandejas 113
5.3.4 Redesenho dos assentos e do bocal de alimentação 117
5.3.5 Conceito final do produto 120
5.4 Pré-validação ergonômica 122
5.4.1 Análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico 122
5.4.2 Resultados da análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico 123
5.4.3 Aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP: máquina redesenhada 126
5.4.4 Resultados da aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP: máquina redesenhada 126
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 135
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 144
GLOSSÁRIO 148
APÊNDICES 149
ANEXOS 154

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro passa por importantes transformações e nunca em toda história se quebrou tantos recordes de produtividade. Para obter esse desempenho, o Brasil conta com vantagens como: grande extensão territorial, recursos hídricos, clima favorável e investimentos no desenvolvimento de tecnologias genuinamente nacionais. Vian (2010) afirma que o aperfeiçoamento dessas tecnologias, em específico ao setor de máquinas e implementos agrícolas, mudou definitivamente a trajetória das técnicas de produção e oferta de produtos agrícolas no mundo, pois o aumento da produtividade do setor levou à substituição do homem nesta atividade, possibilitando o acesso a novas e melhores práticas de produção na agricultura.

No entando, todas essas vantagens de recursos naturais, finaceiros e de infraestrutura, não podem ser os únicos critérios a serem considerados para que se julgue o real desenvolvimento do setor. Faz-se necessário também considerar os efetivos avanços na produção de ciência e tecnologia agrícola do país e, principalmente, considerar a qualidade de vida dos trabalhadores ligados a este setor, especificamente os que lidam diretamente com a terra, os quais, através de muito trabalho, sacrificam suas energias ajudando no fornecimento de alimentos para o mundo.

O homem, elemento fundamental de maior relevância em todas as etapas do sistema produtivo, é tratado, quase sempre, como peça invariável no sistema e, acima de tudo, é abordado como elemento condenado pelo aperfeiçoamento de novas tecnologias no campo.

1.1 Justificativas

Uma das principais questões que justificam a realização deste estudo está ligada ao desrespeito à figura do trabalhador rural, evidenciado de forma indireta nos setores de projeto de empresas nacionais fabricantes de máquinas

agrícolas. Grande parte dessas organizações desenvolve seus produtos com pouco ou até mesmo nenhum conceito de Ergonomia, priorizando, na maioria dos casos, a funcionalidade mecânica do implemento em detrimento das limitações físicas do operador. Nota-se um superficial número de empresas que buscam aplicar conceitos de Ergonomia. E muitas delas, quando o fazem, orientam suas pesquisas utilizando dados de população de outros países, o que resulta em diversos problemas de adaptação homem x máquina.

Segundo Mccurdy e Carrol (2000), uma das questões que mais influenciam o número elevado de constrangimentos ergonômicos no setor da agricultura é o maquinário agrícola, que abrange cerca de 18 a 35% dos casos relatados.

A ausência de aplicação de conceitos ergonômicos em projetos de máquinas e equipamentos agrícolas traz sérios prejuízos aos trabalhadores, que vão desde problemas de postura, mutilações de membros, chegando, até mesmo, à morte dos trabalhadores. A esse respeito, Abrahão (2008) comenta que a agricultura tem sido identificada como o setor de maior registro de acidentes e doenças do trabalho, tanto no que se refere à frequência quanto à gravidade destes eventos.

Monteiro (2004) argumenta que, apesar do problema de adequação ergonômica em termos de maquinário, ainda há mais benefícios na utilização da máquina com poucas qualidades ergonômicas do que na realização do trabalho manual. Isso demonstra explicitamente o pouco conhecimento de empresas do setor industrial agrícola em relação à conceitos de Ergonomia, seja em projetos de novos produtos, seja na adequação de postos de trabalho.

Em contrapartida, Abrahão (2008) ressalta a importância da Ergonomia para o desenvolvimento rural e aponta os benefícios obtidos pelos países que investiram em pesquisas ergonômicas do trabalho agrícola, tais como: organização do trabalho, projetos de ferramentas, equipamentos adequados às tarefas agrícolas e planejamento dos postos de trabalho. No *design* de ferramentas e equipamentos, em particular, a contribuição da Ergonomia pode ser relevante em termos de produtividade, conforto e, indiretamente, com a diminuição dos custos de operação.

A Ergonomia, atuando como um conjunto de ciências e tecnologias que preservam os fatores humanos diante de sistemas autômatos, vislumbra numa

variedade de estudos e métodos e considera que não só é possível a participação humana no processo, como também trata o assunto como a chave para a harmonização nas relações entre homem e trabalho. Esse conhecimento tem evoluído muito nas últimas décadas, trazendo inúmeras contribuições para o setor urbano; entretanto, ainda são poucas as contribuições para o setor rural (ALENCAR et al., 2006; MINETTE et al., 2007).

Todavia, já está patente o enorme benefício que a Ergonomia traz, quando aplicada ao ambiente agrícola, seja no campo, adequando uma tarefa qualquer, seja na indústria de máquinas e implementos, aplicando a tecnologia em fase projetual.

Um dos fatores que dificultam a aplicação da Ergonomia em fase de concepção está relacionado diretamente ao custo de produção, mais especificamente no que se refere à confecção de protótipos e à realização de testes de usabilidade em campo.

Por outro lado, o uso da simulação cmputacional humana em projetos de postos de trabalho tem conquistado espaço em grandes empresas e instituições. Os benefícios advindos do uso dessa tecnologia são: ganho de tempo no processo de projeto, auxílio na comunicação entre os diferentes atores do projeto e entre projetistas e usuários e a antecipação das considerações que envolvem a possível atividade futura de trabalho (FEYEN et al., 2000; BRAATZ et al., 2002). Pode-se acrescentar como uma das vantangens dessa tecnologia a redução dos custos de produção, supondo um cenário de médio a longo prazo.

1.2 Estrutura da pesquisa

Esta dissertação foi desenvolvida de modo a realizar uma revisão bibliográfica no que se refere à participação da Ergonomia em projetos de maquinário agrícola, bem como ao uso de ambientes de simulação computacional, resultando em um estudo de caso relacionado ao reprojeto de uma plantadora mecanizada de mandioca baseado num enfoque ergonômico.

Os pressupostos teóricos apresentados nesse estudo apontam para as áreas fundamentais que foram pesquisadas. Sendo assim, este trabalho foi estruturado pelos capítulos sumariamente descritos a seguir:

1. Introdução – realiza-se uma abordagem sobre a problemática da Ergonomia aplicada ao setor agrícola e seus benefícios, quando aplicada sistematicamente em etapas de projeto.

2. Revisão bibliográfica – aborda sobre o estado da arte de questões relativas ao ambiente de trabalho com máquinas agrícolas e as condições operacionais do objeto de estudo.

3. Objetivos – apresentam-se os objetivos geral e específicos da presente pesquisa.

4. Procedimentos metodológicos – descrevem-se os materiais e procedimentos utilizados na realização deste estudo.

5. Estudo de caso: o *design* de uma plantadora mecanizada de mandioca baseado em critérios ergonômicos – aborda todas as etapas executadas no reprojeto conceitual de uma plantadora mecanizada de mandioca, utilizando-se da metodologia de intervenção ergonomizadora proposta por Moraes e Mont'alvão (2009).

6. Considerações finais – apresentam-se as conclusões obtidas na pesquisa, bem como algumas recomendações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos considerados no projeto da pesquisa

2.1.1 Ergonomia e suas definições

Segundo a Organização Internacional de Ergonomia (IEA), a Ergonomia ou *human factors* define-se em “[...] uma disciplina científica que estuda interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema”.

Apesar do termo “Ergonomia” ser considerado por alguns autores ciência e, por outros, disciplina científica, o fato é que consiste numa área de conhecimento relativamente nova, permeada por várias linhas de pensamentos e definições em que todas buscam convergência para o mesmo ponto: a adequação do trabalho ao usuário. O trabalho aqui, na maioria das vezes, está intimamente ligado a algum equipamento ou produto, tangível ou não, podendo este ser uma simples caneta, um *software* ou até mesmo uma cabine de avião.

Moraes e Mont’Alvão (2000) discorrem sobre registros existentes desde as civilizações antigas, quando o homem já aplicava conhecimentos da Ergonomia em busca de: melhorias de ferramentas, instrumentos e utensílios de uso na vida cotidiana. Partindo dessa premissa, é possível apresentar algumas definições sobre o termo relatadas por alguns especialistas ao longo da história recente.

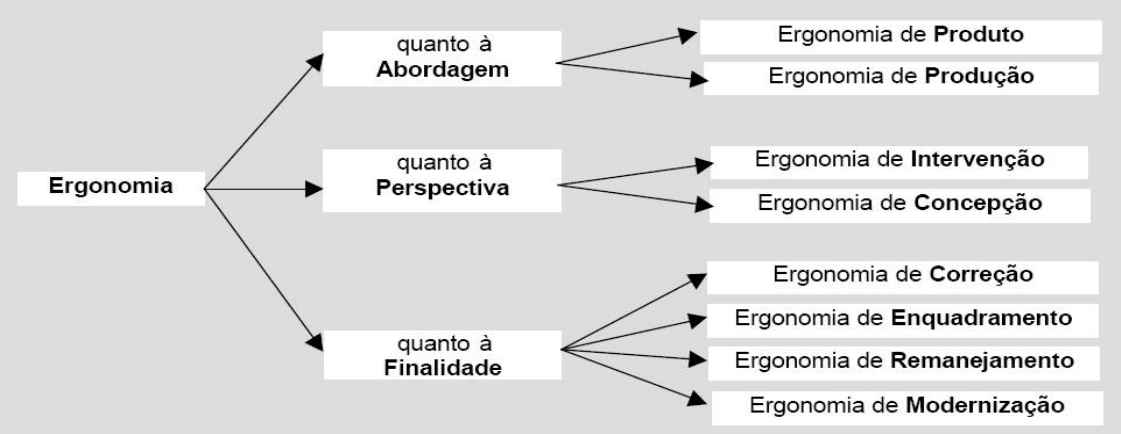
Wisner (1972) define a Ergonomia como “[...] o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto e eficácia”.

Hendrick (1992) relata que a Ergonomia, singularmente, pode ser definida como o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia de interface do sistema homem-máquina.

Em uma definição mais simplificada, a Ergonomia define-se como a adaptação do trabalho ao homem (IIDA, 2005).

Apesar da convergência entre as inúmeras definições, é possível classificar a Ergonomia segundo várias formas de abordagem, no sentido em que se foque nas deficiências sejam elas de projeto, de organização, de cognição, etc. Vidal (2003), por exemplo, classifica a Ergonomia em três diferentes formas: quanto à “abordagem”, à “perspectiva” e à “finalidade”:

Figura 1 - Classificações da Ergonomia.



Fonte: (VIDAL, 2003)

Em se tratando de máquinas agrícolas, do ponto de vista ergonômico, fica evidente enxergá-las sobre dois enfoques: o de considerá-las como um "produto", enquanto ainda "concepção", momento em que se receberia informações e recomendações técnicas advindas de normas de segurança, dados antropométricos, de forma a aperfeiçoar o "projeto ergonômico"; e o de focá-las como um "sistema de produção", mais especificamente um "posto de trabalho", enquanto produto já existente, momento em que haveria possibilidades de "readequações" quanto à aplicação de análises de postura, biomecânica, pausas de trabalho, de forma que se buscasse a correção de supostas falhas no atual projeto.

2.1.2 Ergonomia no trabalho agrícola

Estudos e aplicações da Ergonomia na agricultura são relativamente recentes em comparação à indústria. Isso se dá pelo fato de que, na agricultura, o trabalho é classificado como uma atividade não estruturada, se comparado a atividades de indústria (IIDA, 2005).

A Ergonomia, focada ao ambiente agrícola, baseia suas ações no emprego dos conhecimentos científicos e das tecnologias disponíveis para eliminar ou reduzir, ao mínimo possível, as agressões e os riscos à saúde em todas as atividades de trabalho rural. Prioriza, assim, a qualidade de vida, o bem-estar físico, mental, psíquico e social, os níveis de conforto e segurança como formas de aumentar a eficiência e os níveis de qualidade do trabalho no

campo. Por ter o homem como objetivo central no processo de trabalho e produção, não exige dele a atenção constante e a infalibilidade.

A utilização de conceitos ergonômicos, sejam eles através de ações corretivas, sejam através de ações conceptivas, atua como fator de prevenção de acidentes dos mais variados tipos, além de evitar riscos ergonômicos.

Profissionais de segurança no trabalho descrevem os riscos ergonômicos como qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde, como, por exemplo: levantamento de peso, ritmo de trabalho excessivo, monotonia, repetitividade, postura inadequada, etc.

2.1.3 Antropometria no trabalho agrícola

Antropometria é a ciência que estuda as medidas do corpo humano (IIDA, 2005; GRANDJEAN, 1998) e trata das medidas físicas corporais que servem de base para a concepção ergonômica de produtos (PANERO; ZELNIK, 1993).

Segundo Minette (1996), a antropometria é a parte da antropologia física que estuda as dimensões do corpo humano. As medidas corporais de que trata a antropometria são usadas para definir a localização dos componentes do posto de operação, de forma que indivíduos de diferentes tamanhos tenham fácil acesso e saída ao posto de operação, bem como consigam alcançar e acionar, com o mínimo esforço e de forma a manter uma postura corporal correta, todos os comandos.

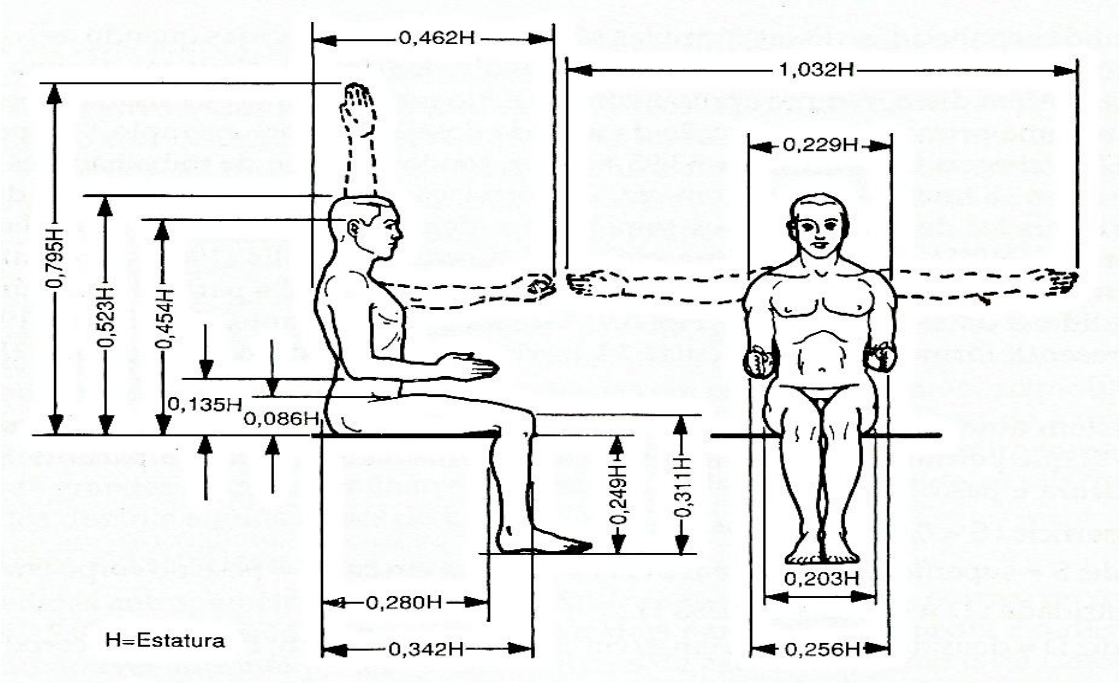
Dessa forma, pode-se concluir que a antropometria é um ramo de estudo indissociável da Ergonomia, uma vez que ambas caminham no mesmo sentido.

No setor agrícola, poucas indústrias demonstram preocupação em captar dados antropométricos do perfil do agricultor de modo a aplicá-los em seus projetos, ficando estas ações restritas apenas às grandes multinacionais do setor. Pode-se citar aqui a *John Deere* do Brasil, que “[...] realizou há alguns anos um levantamento antropométrico e utilizou-se de alta tecnologia de

fotografia digital analisada por sistema *Peak Motus*® (*Peak Performance Technology, Inc*.). O levantamento foi feito pela equipe do Laboratório de Biomecânica da UDESC-SC.” (GUIMARÃES; BIASOLLI, 2002) e, certamente, os dados coletados contribuíram para o desenvolvimento de projetos mais ergonômicos.

Contudo, a real situação das pequenas e médias empresas difere-se das grandes multinacionais e, apesar de possuírem considerável potencial produtivo, inclusive para exportações, não dispõem de recursos financeiros para realização de grandes levantamentos antropométricos, chegando, inclusive, a desconhecer tais técnicas de pesquisa. Desse modo, desenvolvem seus projetos baseados em cópias de produtos já existentes ou até mesmo utilizando-se do “senso comum” para o dimensionamento de projetos de postos de trabalho.

Figura 2 - Estimativas de comprimentos, partes do corpo sentado, em função da altura H.



Fonte: (ROOZBAZAR et al.,1979). Adaptado (IIDA, 2005).

Para Gomes et al. (2005 apud SILVA, 2009), existem variáveis incontáveis relacionadas à produção agrícola, razão pela qual não se pode determinar nesse setor um modelo característico do usuário. Entre essas

variáveis estão a diversidade antropométrica, os biótipos da população, a alta rotatividade das tarefas, etc.

Iida (2005) menciona que sempre que possível as medidas antropométricas devem ser tomadas diretamente de uma amostra dos próprios usuários. Entretanto, quando isso não for possível ou economicamente viável, pode-se recorrer a tabelas estatísticas, pelo menos em uma primeira aproximação.

2.1.4 Ergonomia e segurança *versus* indústria de máquinas agrícolas e empresário rural

Segundo Romano (2003), a indústria de máquinas e implementos agrícolas caracteriza-se por uma estrutura heterogênea em que coexistem empresas de diferentes tamanhos e características. Ademais, produz uma grande variedade de produtos, usualmente fabricados em pequenos lotes, quando comparados à indústria automobilística. Conforme salienta o mesmo autor, é vigente, na maioria das empresas do setor industrial de máquinas agrícolas brasileiro, um processo de desenvolvimento de produtos informal. Este fato é mais aparente em empresas de pequeno e médio porte, que desenvolvem seus produtos baseando-se, geralmente, em adaptações de soluções já comercializadas.

Alonço (2004) afirma que, quando se pleiteia a necessidade de que a fabricação de máquinas agrícolas seja realizada considerando os fatores ergonômicos e de segurança do homem que as opera, o fabricante tem bastante claro que isso pode significar um incremento – nada desprezível – dos custos de produção, que haverá de repercutir no preço final do produto.

Ainda de acordo com Alonço (2004), o atributo de segurança tende a ser eclipsado por outros atributos mais atrativos para os aspectos do negócio, até porque as consequências resultantes da insegurança irão acontecer longe do ambiente do projeto.

Por outro lado, tem-se a problemática dos compradores de máquinas agrícolas, que desconhecem aspectos de Ergonomia e segurança. Em uma

pesquisa realizada por Debiasi e Scholosser (2002) com tratores agrícolas, os resultados mostraram que a maioria dos seus usuários dá pouca importância aos elementos de Ergonomia e de proteção. Dados da pesquisa revelam, ainda, que a Ergonomia e a segurança não são levadas em consideração como fatores de escolha no momento da aquisição do trator. Além disso, os agricultores negligenciam a manutenção de itens relacionados ao conforto e à segurança, por não serem imprescindíveis ao funcionamento da máquina (DEBIASI; SCHLOSSER, 2002).

Na maioria dos casos, quem adquire as máquinas e equipamentos agrícolas não é quem as opera ou realiza manutenção; portanto, o nível de exigência sobre aspectos de Ergonomia e segurança não é incisivo. Por essa razão, acabam por dar preferência ao preço, à potência disponível, à versatilidade, dentre outros aspectos (ALONÇO, 2004).

2.1.5 A problemática da ausência de aplicação de metodologias projetuais ergonômicas na indústria de máquinas agrícolas

Em um estudo realizado por Romano (2003) sobre pesquisa e desenvolvimento de máquinas agrícolas, foi relatada a notória informalidade nos métodos de projetos de máquinas agrícolas praticada por um grande número de empresas deste segmento industrial. O autor afirma também que, em geral, as empresas não adotam e não utilizam procedimentos sistemáticos para a realização do processo de desenvolvimento de produto, sendo fácil encontrar exemplos em que as ações são realizadas apenas de acordo com a experiência dos seus responsáveis.

Reis e Machado (2009 apud SANTOS, 2012) afirmam que, em grande parte dos projetos de máquinas e implementos agrícolas, observam-se problemas de medidas antropométricas e que, na maioria das vezes, os fabricantes produzem máquinas para as mais variadas culturas e para diferentes tipos de consumidores. Isso se dá, basicamente, por três fatores: pela falta de conhecimento do tema por parte dos projetistas envolvidos; pelo aumento dos custos para adequação dos sistemas projetados; ou até mesmo por parte dos consumidores que não exigem ou não têm conhecimento do

assunto. E quando os fabricantes se utilizam de metodologias de projeto, via de regra, garante-se apenas a funcionalidade do produto através do cumprimento da função principal da máquina. É sobre esta “função” que se configuram as soluções de projeto e, por isso mesmo, aspectos como segurança e Ergonomia ficam em um plano secundário em relação ao cumprimento da função principal (ALONÇO, 2004). A problemática concentra-se na hipótese de que a maioria dos profissionais atuantes na área de projetos de equipamentos agrícolas desconhece ou dá pouca importância aos assuntos relativos a metodologias de projeto, em específico aos aspectos ergonômicos e de segurança.

Alonço (2004) alerta para a falta de acessibilidade dos projetistas a informações sobre legislação, normas regulamentadoras e normas técnicas, entre outros, de forma rápida, concisa e dedicada à segurança.

Quanto aos profissionais que atuam neste setor, Romano (2003) verificou que a maioria é formada por engenheiros mecânicos e que grande parte dos entrevistados relatou que os cursos que realizaram não ofereciam disciplinas de projeto, sendo que as informações mais próximas a esta área eram transmitidas em disciplinas como: elementos de máquinas, mecanismos e projeto de máquinas, nas quais se aprende, basicamente, o dimensionamento de componentes mecânicos.

Em um estudo realizado por Ferrari et al. (2013), foram pesquisadas 88 empresas, todas fabricantes de máquinas e equipamentos agrícolas, onde atuava uma variedade de profissionais do setor de projeto e engenharia. Ao concluirem a pesquisa, chegaram a resultados que confirmaram as indagações de Romano (2003), pois relatou-se que um considerável número de profissionais, em especial os engenheiros mecânicos, que faziam parte do processo de criação de máquinas e equipamentos agrícolas das regiões pesquisadas, desconheciam sobre assuntos relativos à Ergonomia e à antropometria.

Main e Ward (1992) afirmam que a motivação dos profissionais de projeto em desenvolver e/ou produzir produtos mais seguros não é o problema, pois os projetistas não buscam criar produtos inseguros. O problema está em formalizar ou explicitar métodos que possam ser parte integrante do processo de projeto.

2.1.6 Metodologias de *Design* Ergonômico

Mediante a problemática apresentada nos tópicos anteriores, fez-se necessário realizar uma revisão sobre algumas metododologias de *design* de produtos, propostas por diferentes especialistas, de modo a serem explanadas, analisadas e possivelmente adaptadas ao ambiente industrial agrícola.

É importante salientar que alguns métodos foram desenvolvidos especificamente para o âmbito da Ergonomia, enquanto outros se apresentam de maneira genérica, podendo ser adaptados de acordo com o enfoque.

Segundo Ogliari (1999), o processo de projeto de produtos constitui-se de um conjunto de atividades, procedimentos e regras que devem ser realizadas e aplicadas sistematicamente, desde a definição do problema de projeto até a solução detalhada do produto, realizado de forma multidisciplinar. Essa estrutura encontra-se presente tanto em métodos voltados para o *design*, quanto nos que apresentam enfoque mais próximo ao campo da Ergonomia.

Moraes (2001) afirma que, tradicionalmente, a preocupação com a usabilidade de um determinado produto só ocorre no final do ciclo do *design*, durante a avaliação do produto já finalizado. E, quando há necessidade de alterações, implica em custos elevados. Assim, desde o início da atividade projetual, a consideração com a usabilidade deve estar presente.

O *design* ergonômico pode ser caracterizado por um segmento do desenvolvimento do projeto do produto, cujo princípio é a aplicação do conhecimento ergonômico no projeto de dispositivos tecnológicos, com o objetivo de alcançar produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis (PASCHOARELLI, 2003).

Um estudo realizado por Paschoarelli e Silva (2006) comparou quatro diferentes metodologias de *design* ergonômico, buscando encontrar suas divergências e similaridades, sendo eles: *Ergonomi Design Gruppen* (1997), Norris e Wilson (1997), Sandvik (1997) e Frisoni e Moraes (2001).

Os autores concluíram que todos os métodos avaliados apresentam como principais características a análise ergonômica da atividade com o foco na problematização e a caracterização de critérios ergonômicos e de usabilidade como diretrizes para o desenvolvimento do produto. No entanto, os

mesmos autores indicam que aspectos relacionados à avaliação e à análise do produto, apesar de citados, são pouco explorados ou discutidos.

Paschoarelli e Silva (2006) apresentam uma proposta composta por seis etapas principais: revisão, desenvolvimento, avaliação, preparação, produção e reavaliação final. Uma das vantagens deste método é que as etapas são desenvolvidas num sistema cíclico, o que permite uma evolução contínua no *design* ergonômico do produto. Ressaltam, também, que a evolução tecnológica e os processos de relação entre homem e tecnologia devem ser considerados, pois se alteram ao longo do tempo e, consequentemente, novas necessidades metodológicas surgirão.

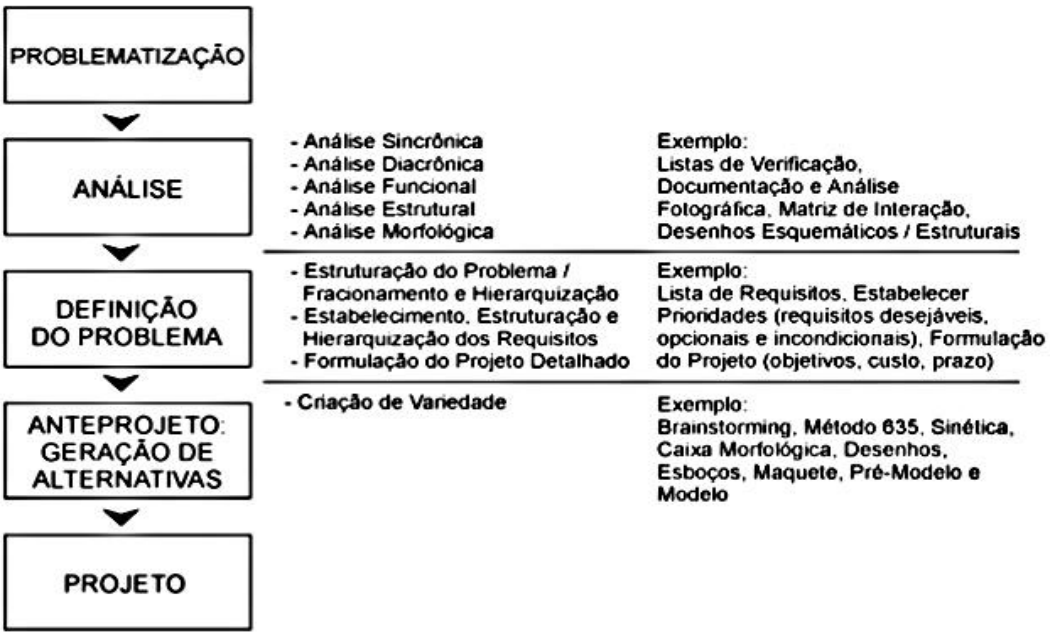
Figura 3 - Proposta metodológica para o *design* ergonômico.



Fonte: (PASCHOARELLI; SILVA, 2006)

Outro método, de caráter linear fechado, utilizado especificamente para o *design*, é o proposto por Bonsiepe et al. (1984).

Figura 4 - Metodologia de *Design*.



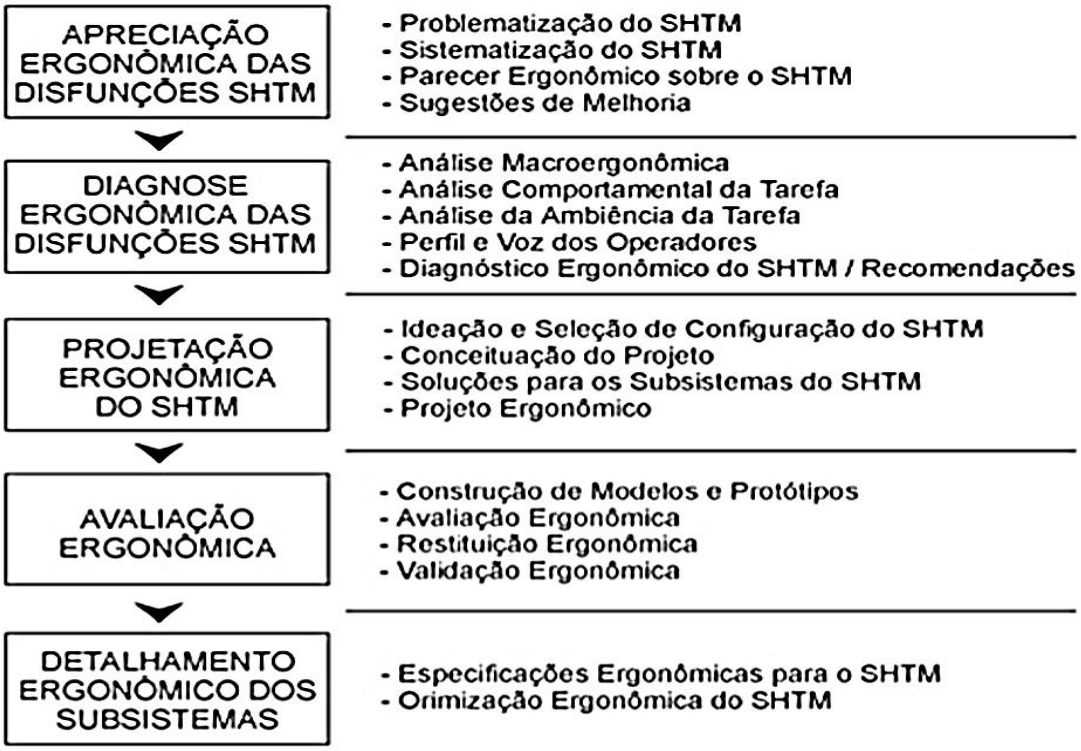
Fonte: (BONSIEPE et al.,1984)

Por possuir um enfoque sistêmico, é usualmente adotado em pesquisas acadêmicas relacionadas ao âmbito do *design*.

Nota-se que o método valoriza a análise da problematização e a etapa de definição do problema. Além disso, sugere algumas alternativas de técnicas de criação de maneira a auxiliar a etapa de concepção. Porém, é aconselhável que ele seja aplicado apenas como um método auxiliar, pois não aborda especificamente, por exemplo, estratégias de mercado e Ergonomia.

Outro método, com estrutura linear e caráter fechado, amplamente utlizado é o proposto por Moraes e Mont'alvão (2009). Caracteriza-se por dar expressivo detalhamento aos procedimentos e etapas de análise ergonômica do processo ou do produto. Também é amplamente aplicado em processos ou produtos já concebidos de tal forma a utilizar-se de conceitos de Análise Ergonômica do Trabalho (AET), de modo a obter um *feedback* para o processo de redesenho.

Figura 5 - Metodologia de Intervenção Ergonomizadora.



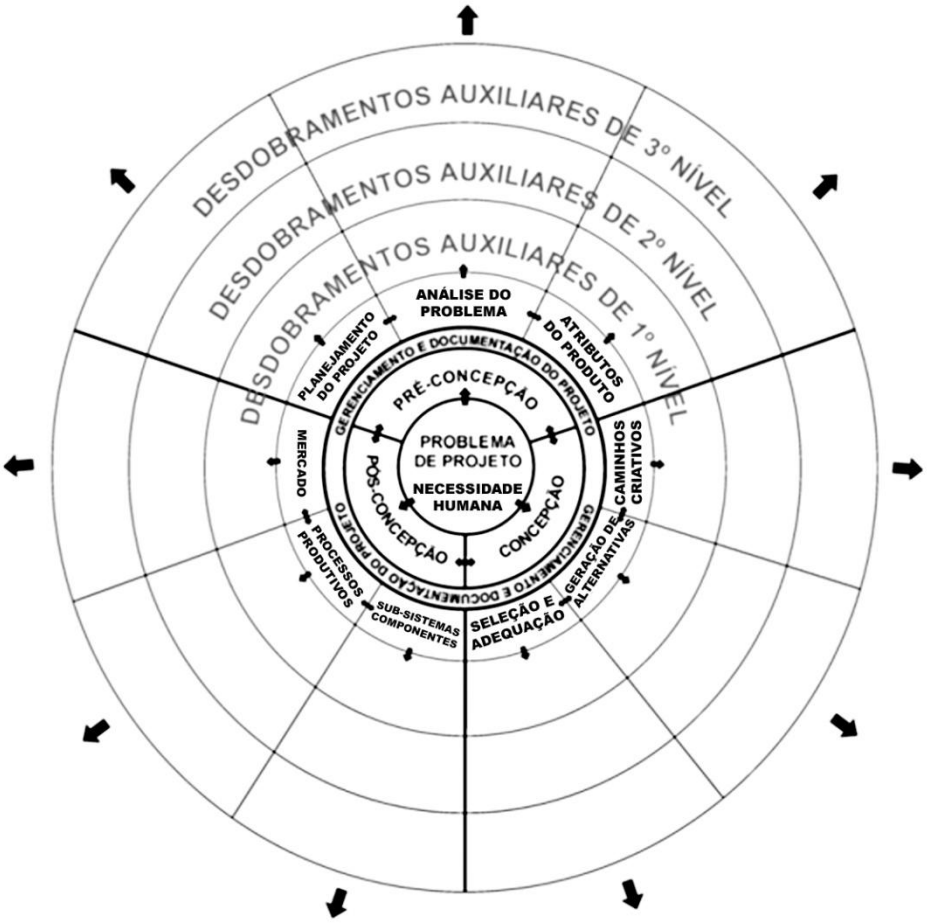
Fonte: (MORAES; MONT'ALVÃO, 2009)

Segundo as autoras, dependendo da demanda, complexidade e tempo disponível, o método também pode ser aplicado restringindo-se apenas a primeira etapa, ou as duas primeiras, três, quatro ou todas as etapas.

Em situações reais de mercado, é aconselhável que este método seja utilizado em conjunto com outros métodos de abordagens estratégicas e gerenciais.

Por fim, é apresentado um método denominado por Santos (2005) como MD3E, o qual se define de forma radial e tem como etapa central o "problema de projeto", passando pelas etapas periféricas de "pré-concepção", "concepção" e "pós-concepção". A próxima estapa circundante caracteriza-se em: "gerenciamento e documentação" e, perifericamente, estão as etapas de: "análise do problema", "atributos do produto", "caminhos criativos", "geração de alternativas", "seleção e adequação", "subsistemas componentes", "processos produtivos", "mercado" e "planejamento do projeto".

Figura 6 - Metodologia de *Design* MD3E.



Fonte: (SANTOS, 2005)

Diferente dos métodos anteriores, este método caracteriza-se numa estrutura aberta e não especifica espaços para interferencias e adaptações, ainda que a maioria dos autores admitam que essas adequações são possíveis e até mesmo desejáveis, desde de que não contrariem a lógica projetual, definida pela experiência e pelas teorias consolidadas acerca do *Design* (Nunari, 2002).

Santos e Brustulin (2012) comentam sobre a aplicação prática do MD3E em estudo desenvolvido por Santos (2005), em que se realizou uma comparação da aplicação deste método com outros métodos de modelos fechados em disciplinas de projeto em cursos de *Design* Industrial. Após o estudo, eles chegaram à conclusão de que alunos que se utilizaram do método "aberto" obtiveram resultados processuais e de produto com qualidade superior aos que usaram as estruturas tradicionais. Entretanto, este último método não possui um enfoque na Ergonomia e, segundo os autores, pode ser utilizado

dentro desta área de atuação, podendo ser combinado com outros métodos já existentes.

Nessa breve análise, observou-se que cada método possui sua particularidade e que, dependendo do enfoque, da classe de produtos, dos serviços e dos processos, cada um pode se adaptar da maneira mais adequada.

Encontrou-se apenas um estudo, realizado por Alonço (2004), que relacionava o método projetual, com enfoque em aspectos de segurança ao maquinário agrícola. Dessa forma, abre-se um leque de oportunidades a pesquisadores que anseiem por investigar a problemática de métodos de projeto ergonômico aplicáveis a ambientes industriais agrícolas.

2.1.7 A utilização da simulação através de sistemas computacionais gráficos em projetos ergonômicos

2.1.7.1 Simulação

A simulação é a imitação de processos reais (KELTON et al., 2002). Consiste na concepção de modelos abstratos nos quais se possa observar o comportamento de um determinado sistema. Estes, portanto, são passíveis de testes, de modo a encontrar soluções para problemas reais.

Hollcks (1992 apud CASSEL et al., 2004) propõe uma definição formal para simulação computacional, como sendo uma técnica de pesquisa operacional que envolve a criação de um programa computacional, que representa alguma parte do mundo real de forma que os experimentos no modelo sejam uma antevisão do que ocorrerá na realidade.

A simulação humana em projetos de postos de trabalho tem conquistado espaço em grandes empresas e instituições. Os principais benefícios advindos do uso dessa tecnologia são: ganho de tempo no processo de projeto, auxílio na comunicação entre os diferentes atores do projeto e entre projetistas e usuários e a antecipação das considerações que envolvem a possível atividade futura de trabalho.

Para Ziolek e Kruithof (2000), o processo de modelagem e simulação humana pode ser dividido em três grandes áreas: o ambiente (incluindo desenhos em CAD – *computer aided design* – projeto auxiliado por computador), os manequins (ou modelos digitais humanos construídos com dados antropométricos) e as análises (possíveis a partir da simulação).

2.1.7.2 Os sistemas PLM

Os *softwares* de PLM (*Product Lifecycle Management*) definem-se como sistemas integrados que se utilizam de estratégias informacionais, criando estrutura de dados coerentes que consolidam todos os sistemas envolvidos no ciclo de vida de um determinado produto. Esses *softwares* também podem ser considerados como sistemas estratégicos corporativos, pois permitem que organizações globais funcionem como uma única equipe de forma a projetar, produzir, suportar e descontinuar produtos (SIEMENS, 2013).

O conceito PLM surgiu a partir da integração de ferramentas CAD (*Computer Aided Design*), CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e PDM (*Product Data Management*), com os outros processos relativos a todas as fases da vida de um produto. Com o desenvolvimento de novas tecnologias computacionais, os sistemas PLM vêm, ao longo dos tempos, agregando cada vez mais tecnologias específicas para cada etapa do processo.

2.1.7.3 Os softwares DMP

Os *softwares* DMP (*Digital Manufacturing Process*), ou popularmente chamados DM (*Digital Manufacturing*), são ferramentas que também se integram aos sistemas PLM e destinam-se à otimização tanto da engenharia de processo quanto dos processos de fabricação e montagem, permitindo a execução de simulações de processos de validação e planejamento de processos de fabricação.

A manufatura digital (DM) utiliza-se de ambientes virtuais dinâmicos de simulação em 3D e apresenta um conjunto de ferramentas que integram o

projeto do produto aos processos de manufatura. As soluções de manufatura digital englobam, em geral, diversos cenários de simulação como *layout* de plantas, linhas de produção, células de manufatura, dispositivos de automação e fluxo de materiais, simulação humana e processos diversos e, ainda, permitem criar modelos exatos de máquinas CNC (*Computerized Numerical Control*), robôs, transportadores e todo um ambiente industrial para análise e otimização (GAMA; COSTA, 2009). Para a execução da avaliação da maior parte dos processos envolvendo seres humanos, esses *softwares* utilizam-se de DHM's (*Digital Human Mannequins*).

2.1.7.4 Modelos Humanos Digitais

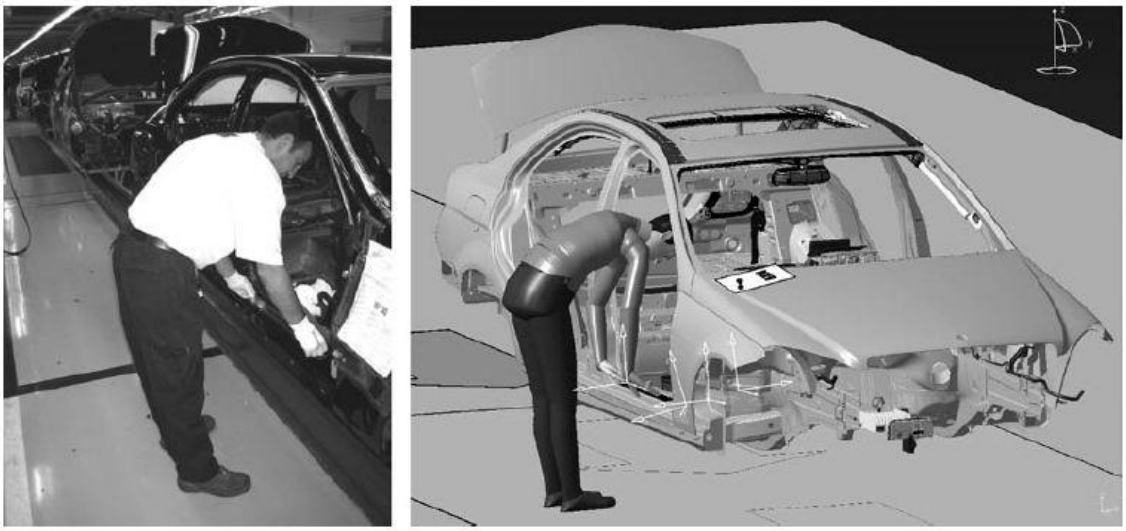
Segundo Fritzsche (2010), os DHM's são manequins antropométricos tridimensionais digitais compostos de um modelo interior de esqueleto e um modelo exterior com a forma do corpo humano. A estrutura e o funcionamento da maioria dos DHM's são semelhantes e, geralmente, utlilizam-se de algoritmos da cinemática inversa para que se possibilite a simulação de posturas e movimentos. Tais manequins são construídos a partir de uma base de dados antropométricos, incluída no próprio *software* DMP, ou podem ser costumizados de acordo com as características étnicas de cada região.

Alguns *softwares* DMP disponibilizam módulos específicos que incluem alguns métodos de análises relativas ao âmbito da Ergonomia, como: análise RULA (MCATAMNEY; CORLETT,1993), análise de puxar e empurrar (SNOOK; CIRIELLO, 1991), análise de levantar e abaixar (NIOSH, 1981; NIOSH, 1991; SNOOK; CIRIELLO, 1991) e análise de carregamento (SNOOK; CIRIELLO, 1991).

Segungo Zhang et al., (2010), a utilização dos DHM's tem sido feita para avaliar tarefas de montagem de automóveis. As vantagens de integrar o modelo de análise ergonômica com os DHM's incluem a capacidade de realizar avaliações ergonômicas no processo inicial do projeto; melhorar a comunicação de setores que envolvam a solução de problemas ergonômicos e criar várias alternativas de projeto.

Lamkull et al., (2010 apud ZHANG et al., 2010) apresentam um estudo comparativo com resultados de uma simulação utilizando DHM's em comparação aos resultados obtidos no mundo real. As conclusões do estudo mostraram que as ferramentas de modelagem humanos digitais ergonômicos são úteis para favorecer projetos de postos de trabalhos em qualquer postura, sem restrições.

Figura 7 - Exemplo de uma situação de trabalho em uma indústria automobilística (montagem do carpete). À esq. situação real, à dir. simulação com DHM.



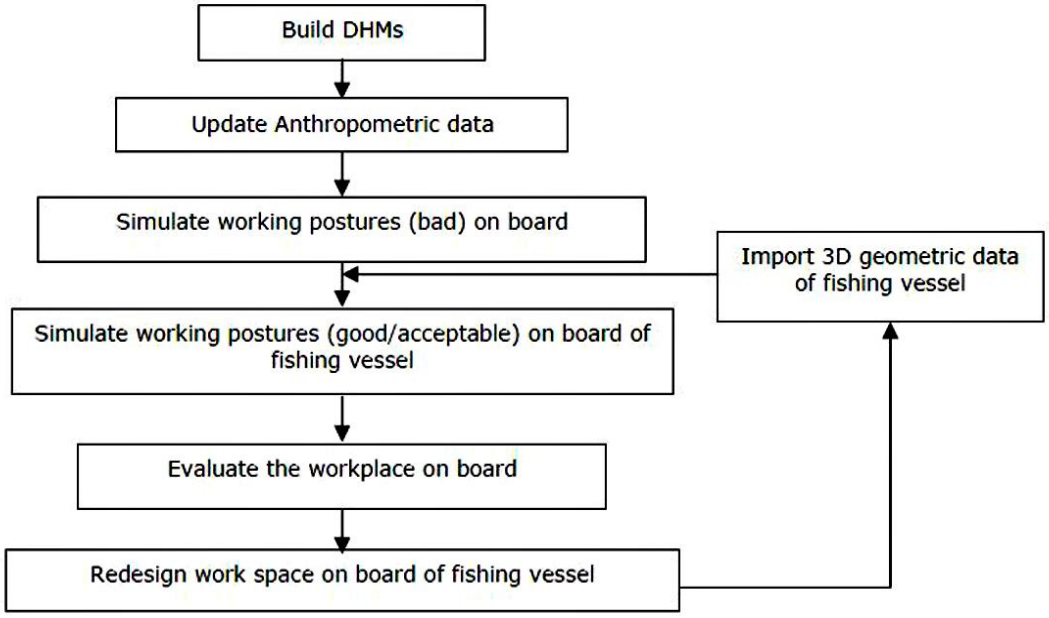
Fonte: (FRITZSCHE, 2010)

Vink et al., (2006) demonstraram, em um estudo sobre Ergonomia no setor automobilístico, que a tecnologia DMP, utilizando-se de manequins DMH's aplicados a melhorias no ambiente de montagem, pode aumentar substancialmente a produtividade e, simultaneamente, reduzir o desconforto dos trabalhadores.

Em um estudo realizado por Zhang et al. (2010), utilizou-se da simulação com maniquins humanos digitais (DHM's) para avaliação do projeto de trabalho e prevenção de riscos profissionais a bordo de um navio pesqueiro, concluindo que a utilização de DHM's para simulação de posturas assumidas em locais de trabalho caracterizou-se muito eficaz para a avaliação do ambiente e da prevenção de riscos ocupacionais naquele espaço.

Assim, a execução de um pré-projeto com aplicação da Ergonomia no local de trabalho, ou seja, a avaliação preventiva de produtos e processos em fase inicial de planejamento de produção, está se tornando cada vez mais fundamental. Ferramentas de simulação assistida por computador, tais como modelos humanos digitais (DHM's), são consideradas promissoras para a facilitação de Ergonomia em investigações prévias (DEMIREL; DUFFY, 2007).

Figura 8 - Mapa do projeto de redesenho de um ambiente de trabalho em um navio de pesca utilizando manequins DHM's.



Fonte: (ZHANG et al., 2010)

Silverio (2011) argumenta que o desenvolvimento dos conceitos envolvendo o uso da simulação em Ergonomia de concepção é algo ainda em transformação, merecendo mais atenção e um número maior de estudos para sua concretização.

Estudos relacionando metodologias projetuais ergonômicas à concepção de maquinário agrícola são escassos, o mesmo ocorre quanto à aplicação de tecnologias de simulação neste setor. Novamente, abrem-se oportunidades para frentes de pesquisa que se interessem em inicar estudos a este respeito.

2.2 Uma abordagem geral sobre fatores ambientais e as condições operacionais da plantadora

Neste tópico da pesquisa, fez-se necessário realizar uma breve revisão bibliográfica sobre alguns fatores ambientais, bem como algumas condições mínimas para o funcionamento do implemento, ambas ligadas a fatores ergonômicos e que devem ser consideradas no reprojeto da plantadora.

2.2.1 A postura sentada em maquinários agrícolas

No sistema de plantio em estudo, a participação dos indivíduos, que operam sentados a plantadora, é de fundamental importância para o funcionamento do sistema.

Schlosser e Debiasi (2002), em um estudo sobre o conforto em assentos de maquinário agrícola, afirmaram que a coluna vertebral dos operadores de máquinas é uma das partes mais atingidas pelas doenças ocupacionais oriundas da operação de tratores agrícolas, podendo ser estendidas a outros implementos embarcados.

Torén et al. (2002) confirmaram, em um estudo com operadores de tratores e colheitadeiras, que tais indivíduos, ao operar esse tipo de maquinário em um tempo prolongado, se queixavam de aumento de desconforto/dor na região das costas, região ciática e nos quadris.

Genz e Vilagra (2009) salientaram sobre a falta do conhecimento e a utilização incorreta do maquinário agrícola, que podem levar o operador a adotar posturas inadequadas durante o trabalho, ocasionando, consequentemente, a ocorrência de dores e desconfortos musculares e até mesmo a instalação de alterações posturais. Isso também pode ocorrer devido a outros fatores, tais como: comandos em locais inadequados, assento sem estofamento ou encosto, vibração da máquina, equipamento muito antigo, dentre outros (DEBIASI et al., 2004; SANTOS FILHO et al., 2009).

Em um estudo realizado por Genz e Vilagra (2009), que indagou 188 operadores de tratores agrícolas sobre possíveis dores e desconfortos na operação dessas máquinas, concluiu-se que grande parte dos entrevistados (61,33%) afirmou ter a consciência de que não mantém uma postura adequada no posto de trabalho, enquanto 37,85% deles afirmaram apresentar dores

lombares. A literatura aponta que posturas inadequadas, dentre outros fatores, podem ser a causa de algias na coluna, e aumentos ou reduções na pressão intradiscal podem ser produzidos por uma alteração na lordose lombar, na inclinação do assento ou do encosto (BRITO et al., 2003; RENNER, 2006).

Conforme Renner (2006), a alternância postural, ora sentada, ora em pé, é a solução mais plausível para a prevenção de problemas posturais, ou seja, considerando a necessidade natural do organismo de mudança postural, ela deve ocorrer sempre que necessário, ou seja, toda vez que o organismo solicitá-la mediante sinais emitidos e sentidos pelo corpo através de sensações de desconforto, cansaço, formigamento e outros sintomas.

2.2.2 Sistema de suspensão em assentos de maquinários agrícolas

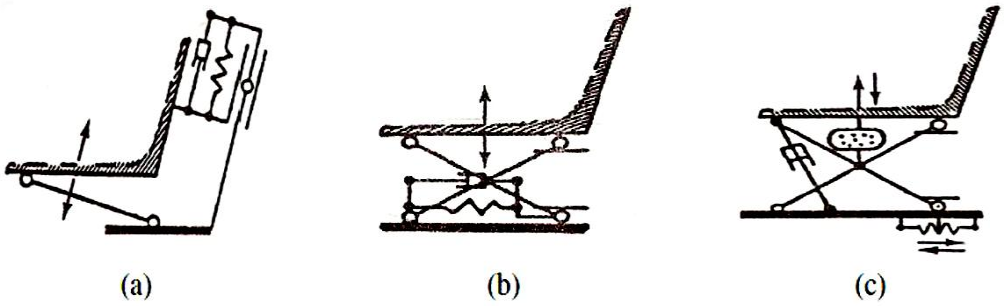
Outro fator que deve ser atentamente averiguado e não menos importante se refere à configuração do sistema de suspensão dos assentos em máquinas agrícolas.

Santos Filho et al. (2009) afirmam que os tratores e as máquinas agrícolas, em geral, produzem vibrações de baixa frequência, as quais são transmitidas para o posto do operador. Essas frequências podem gerar problemas de visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos. Para amortecer e amenizar essas vibrações de baixa frequência, têm-se estudado várias alternativas de implantação de sistemas de suspensão mais eficientes para o posto do operador.

Conforme salienta Donati (2002), os projetistas de máquinas agrícolas têm buscado melhorias nas condições dos trabalhadores através de projetos que aprimorem as condições de conforto dos assentos de tratores e máquinas autopropelidas através da inserção de dispositivos de suspensão.

Roth (2010) descreve que há diversos tipos de suspensão para bancos; entretanto, a descrição básica de uma suspensão se divide em três partes: elemento fixo de fixação do banco à plataforma do trator, elemento móvel ligado à parte fixa por um mecanismo guia adaptado ao espaço disponível ao curso do banco e, finalmente, molas ou amortecedores, componentes essenciais da suspensão.

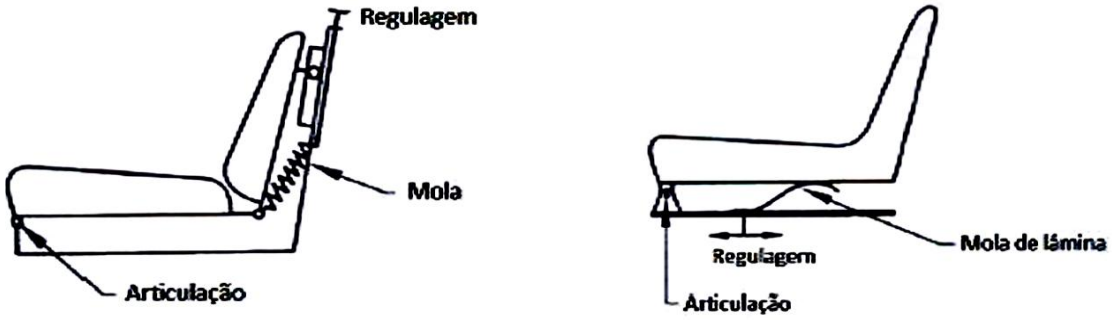
Figura 9 - (a) suspensão mecânica com fixação simples; (b) suspensão com fixação dupla; (c) suspensão pneumática.



Fonte: (DONATI, 1996)

Roth (2010) acrescenta que diferentes materiais e conceitos têm sido adotados para reduzir a pressão na área de contato entre banco e operador, em especial nas tuberosidades isquiáticas. Iida (2005) destaca a importância da densidade do material a ser utilizado no revestimento desses bancos, apesar de que somente o estofamento não tem uma função efetiva na redução da vibração.

Figura 10 - À esquerda, banco com suspensão mecânica compacta por mola helicoidal. À direita, banco com suspensão mecânica compacta por mola de lâmina.



Fonte: (DONATI, 1996)

A figura 10 ilustra os dois tipos de suspensão mecânica com fixação simples, os quais são mais utilizados em razão do baixo custo de produção.

Ainda que não constatado qualquer tipo de suspensão nos assentos do implemento em estudo, o levantamento de informações sobre o tema foi de essencial relevância, pois possibilitaria levantar hipóteses sobre queixas dos operadores sobre a ausência desse sistema.

2.2.3 Efeitos da radiação solar no trabalho agrícola

A hipótese de que trabalhadores rurais, envolvidos com o objeto desta pesquisa, pudessem estar se submentendo a riscos relacionados à exposição excessiva ao sol levou o autor a realizar uma sucinta revisão sobre o assunto, de maneira a obter uma compreesão geral sobre o tema.

A radiação ultravioleta (UV), oriunda do sol, chega à superfície da terra com comprimentos de onda de 280 a 380 nanômetros, podendo causar queimaduras de pele, envelhecimento e câncer, além de lesões oculares (OLIVEIRA et al., 2001). É, portanto, reconhecidamente um carcinógeno humano completo. Entre os cânceres de pele relacionados à exposição a essa radiação, o mais grave é o melanoma cutâneo, em virtude de sua letalidade. Apesar dos grandes avanços no seu tratamento, ele ainda é responsável por um número considerável de óbitos (IARC, 1992).

Popim et al. (2008) caracterizam pessoas que trabalham com exposição prolongada crônica ao sol, como marinheiros, agricultores, trabalhadores da construção civil, carteiros, entre outros, como um grupo de profissionais com maior predisposição a sofrerem risco de desenvolver câncer de pele. Os mesmos autores acrescentam que esse risco aumenta de forma acentuada com o avanço da idade.

Entretanto, Santos et al. (2007) relatam que, embora ainda não tenha sido realizada uma compilação dos dados sobre o tipo de profissão com maior incidência do câncer da pele, é esperado que a classe correspondente aos agricultores corresponda a um dos casos críticos, em virtude da fotoexposição excessiva e à falta de informação a respeito dos riscos da exposição à radiação ultravioleta.

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), a conscientização a respeito da prevenção, por meio do uso de protetores solares, de roupas adequadas e a redução da exposição ao sol, contribui decididamente para a redução de novos casos do câncer de pele (SANTOS et al., 2007).

A ausência de estudos específicos sobre os efeitos nocivos do sol diretamente relacionados ao trabalho rural levou a uma revisão bibliográfica menos específica, impossibilitando a comprovação de uma ligação direta dos malefícios da exposição excessiva aos raios solares com o objeto de estudo pesquisado. Ainda assim, através de analogias, foi possível chegar a importantes conclusões sobre os malefícios da exposição excessiva ao sol.

2.3 Considerações acerca da revisão bibliográfica

O levantamento bibliográfico permitiu a realização de uma abordagem sobre diferentes enfoques acerca da Ergonomia, delimitiando este estudo dentro de uma abordagem conceptiva.

Em específico ao trabalho agrícola, foi possível concluir que a aplicação da Ergonomia, através de métodos conceptivos, pode levar à diminuição ou, em certos casos, até à eliminação de riscos à saúde ocupacional do trabalhador rural.

Foi observado que, apesar de grande potencial produtivo, a maioria das pequenas e médias empresas do setor desenvolve projetos com pouca ênfase em aspectos ergonômicos, principalmente no que se refere a conceitos antropométricos relativos ao arranjo físico dos maquinários.

Ademais, foi possível constatar que a falta de aplicação de metodologias ergonômicas, assim como o desconhecimento sobre a Ergonomia da grande maioria dos projetistas que atuam nesses setores, pode refletir em equipamentos pouco adaptáveis aos usuários.

No que se refere à simulação computacional gráfica aplicada em projetos ergonômicos, o estado da arte dessas tecnologias demonstra que tais ferramentas gráficas são perfeitamente adaptáveis ao setor industrial agrícola, podendo, portanto, prever diversos fatores de ordem ergonômica.

A revisão de literatura concernente aos problemas ergonômicos relacionados à plantadora permitiu concluir que a postura sentada no ambiente agrícola, como é o caso do objeto deste estudo, é um fator que levanta problemas de ordem postural e que traz à tona diversos estudos relativos a

queixas de dores e desconfortos por parte de operadores de tratores e outros maquinários relacionados às diversas tarefas agrícolas.

A multiplicidade de trabalhos científicos que abrangem o âmbito da Ergonomia levou à realização de estudos de alguns fatores que poderiam influenciar no modo de trabalho com o objeto deste estudo. Dentro desse contexto, foram abordados os diferentes tipos de suspensões, bem como a exposição extrema dos operadores à radiação solar excessiva, o que vislumbrou em significativas conclusões que puderam nortear a elaboração das entrevistas em campo.

Em linhas gerais, a revisão bibliográfica possibilitou fornecer parâmetros ergonômicos, para que se desenvolvesse o redesenho da plantadora de maneira mais adequada às características antropométricas dos operadores da plantadora em estudo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo geral aplicar melhorias no posto de trabalho de uma plantadora mecanizada de mandioca modelo "Maniva Jm 4320", baseando-se em parâmetros ergonômicos.

3.2 Objetivos específicos

Esse estudo tem como objetivos específicos :

- Realizar revisão bibliográfica dos conteúdos que envolvem os contextos deste estudo.

- Verificar em campo o *layout* do posto de trabalho da plantadora atual.

- Partindo de possíveis problemas evidenciados em campo, realizar o redesenho da plantadora utilizando-se de parâmetros ergonômicos.

- Através de *softwares* gráficos específicos, realizar uma comparação entre a eficiência do posto de trabalho atual com o novo posto, utilizando-se de parâmetros ergonômicos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Para a elaboração desta pesquisa, foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Note Book da marca “Dell”, modelo “Vostro 131”, com processador "Intel Core i5 2430M" 2.40 Ghz e memória RAM de 6,0 Gb;

- 1 Câmera filmadora da marca "Sony", modelo "Handycan DCR SX21";

- 1 Câmera fotográfica digital da marca "Sony", modelo "Cyber-shot DSC-W610 14.0 Megapixels";

- *Softwares*: *Dassaut Sistèmes Solidworks* 2012, *Dassaut Sistèmes Delmia* V5, *Autodesk Auto-CAD* 2013, *Microsoft* Word 2007e *Microsoft* Excel 2007;

- Questionário elaborado pelo autor sobre: perfil dos operadores da plantadora, contendo dados gerais sobre: sexo, peso, estatura, experiência com o equipamento e uso de EPI's (Apêndice D);

- Questionário elaborado pelo autor sobre: a opinião dos usuários em relação ao conforto na operação da plantadora, contendo questões em escala de *Likert* sobre níveis de conforto na utilização do equipamento (Apêndice E);

- Diagrama de Corllet e Manenica (1980) (Anexo B);

- Norma AFNOR-X-35-104-1980 (Figura 22);

- NR 12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos);

- NR 17 (Ergonomia);

- NR 31(Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária silvicultura, exploração florestal e aquicultura).

4.2 Métodos

Na pesquisa em questão, utilizou-se o estudo de caso, abrangendo-se em pesquisas exploratória, descritiva e de campo, através de revisão dos conhecimentos envolvidos e visitas aos ambientes em que ocorreu o fenômeno.

Um estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2001).

Uma das características dessa modalidade de pesquisa é permitir uma investigação que resguarda características holísticas e significativas dos eventos da vida real. A possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e o aumento sobre o entendimento dos eventos reais e contemporâneos podem ser destacados como os principais benefícios desse método.

Os estudos ocorreram no período de março de 2012 a novembro de 2013, caracterizando-se em visistas a quatro propriedades rurais e empresa fabricante da plantadora.

Nas propriedades rurais visitadas foram indagados 11 indivíduos, todos operadores do implemento em estudo. Na empresa fabricante participaram da da pesquisa 3 engenheiros, todos assumindo funções inerentes a concepção da máquina em estudo.

4.2.1 Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento da referente pesquisa, foram utilizados procedimentos metodológicos baseados no conceito de “Intervenção Ergonômica no *Design* de Produtos”, proposto por Moraes e Mont'alvão (2009), para quem esta técnica se caracteriza em cinco procedimentos: apreciação,

diagnose, projetação, validação e detalhamento. No entanto, neste estudo sucedeu-se utilizando as quatro primeiras etapas a seguir:

- **Apreciação ergonômica** – esta etapa compreendeu-se em:

- Duas visitas à empresa fabricante da máquina, de modo a realizar o mapeamento dos problemas ergonômicos da plantadora em estudo.

- Coleta de informações relevantes dos profissionais desenvolvedores do implemento, bem como aquisição de desenhos, manuais de instrução e normas referentes ao uso seguro do equipamento.

- Coleta de informações sobre os proprietários e propriedades rurais que se utilizavam do produto em estudo, sendo possível sistematizar e problematizar o sistema homem-tarefa-máquina de maneira que se pudesse realizar predições e estruturar questionários específicos, aplicados em campo aos utilizadores do implemento.

- **Diagnose Ergonômica** – esta etapa ocorreu, em sua maior parte, em campo. O aprofundamento dos problemas ergonômicos sucedeu-se em 6 subetapas:

- Análise do envoltório de alcance – com desenhos técnicos do equipamento fornecido pela empresa, foi possível simular, através de recursos computacionais gráficos, o envoltório tridimensional de alcance, de acordo com recomendações da norma AFNOR-X-35-104-1980, sugerida por Iida (2005). Vide figura 22.

- Análise macroergonômica – nesta etapa, bucou-se a hierarquização do sistema em estudo, bem como a realização de análise da ambiência física da tarefa, fazendo um levantamento qualitativo de dados físicos do ambiente através de observação direta.

- Realização, em campo, de análise da tarefa do sistema homem-tarefa-máquina, registros de frequências e duração de posturas assumidas.

- Aplicação, em campo, de questionários estruturados aos 11 indivíduos operadores da máquina, consistindo em:

- Formulário estruturado de modo a requerer dados gerais do usuário visando à investigação de: sexo, faixa etária, estatura, uso de EPI's, tempo de experiência na utilização do produto, indagação de possíveis desconfortos e investigação de possíveis melhorias no produto (Apêndice D).

- Diagrama de Corllet e Manenica (1980) (Anexo B) – com a aplicação desta técnica em uma amostra de 11 indivíduos, foi possível evidenciar desconfortos posturais durante a utilização do equipamento.

- Formulário estruturado em forma de escala de *Likert*: contendo questões referentes a situações de trabalho que pudessem ocasionar desconforto na execução da tarefa com o uso deste equipamento (Apêndice E).

É válido ressaltar que todos os questionários elaborados neste estudo foram submetidos ao Comitê Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) e que se apresentou a todos os indivíduos entrevistados, de maneira formalizada, o "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido", documento que atende à Resolução 196/96-CNS-MS e ao "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO" (Apêndice A), (Apêndice B) e (Anexo A).

Após visita ao campo, a etapa de diagnose teve continuidade com os seguintes procedimentos:

- Simulação do método RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) – realizados com auxílio de recursos de *software* de DMP, através da utilização de manequins virtuiais (DHM's) construídos com base em dados antropométricos da amostra dos 11 usuários operadores da plantadora e tabelas estatísticas. Com a aplicação dessa análise, foi possível comprovar as hipóteses apresentadas na etapa de apreciação.

- Recomendações ergonômicas – esta subetapa consistiu na confirmação e hierarquização dos problemas encontrados, sendo de fundamental importância para nortear o processo de projetação.

- **Projetação Ergonômica** – consistiu no reprojeto da adaptação do posto de trabalho da plantadora às características físicas dos operadores, buscando adequações às NR's 12, 17 e 31.

Através de pesquisa de produtos e sistemas similares, materiais e opiniões dos desenvolvedores do atual equipamento, foi possível resultar em um novo desenho de plantadora, baseado em diretrizes ergonômicas.

Este procedimento findou-se numa representação tridimensional digital.

- **Pré-validação** – esta etapa compreendeu em simulações e avaliações através de *software* gráfico DMP.

Utilizando-se dos mesmos manequins digitais DHM's, construídos na etapa de diagnose, aplicou-se novamente o método de análise postural RULA ao redesenho da plantadora, presumindo a melhoria da usabilidade do equipamento.

Denominou-se esta fase de pré-avaliação, uma vez que o resultado da etapa de projetação não resultou em um protótipo. A etapa de validação dar-se-ia por completa caso as propostas e alternativas projetuais, em forma de prótótipos ou *mock-ups*, fossem inseridas no ambiente real e apresentadas aos usuários de maneira a obter respostas mais concretas sobre o estudo em questão.

5. ESTUDO DE CASO: O *DESIGN* DE UMA PLANTADORA MECANIZADA DE MANDIOCA BASEADO EM CRITÉRIOS ERGONÔMICOS

5.1 Apreciação ergonômica

Segundo Moraes e Mont'alvão (2009), a apreciação ergonômica consiste basicamente em uma fase exploratória e compreende o mapeamento dos problemas ergonômicos do produto ou posto de trabalho em questão.

A pesquisa buscou como foco principal o estudo ergonômico do posto de trabalho de uma Plantadora Mecanizada de mandioca, que realiza, através do sistema de três pontos de engate do trator, o plantio mecanizado de ramas de mandioca através do auxílio de dois operadores, que realizam a atividade de coleta e inserção das ramas embarcados em assentos posicionados na parte traseira da máquina.

Figura 11 - Plantadora mecanizada de mandioca em estudo.



5.1.1 Descrição do equipamento

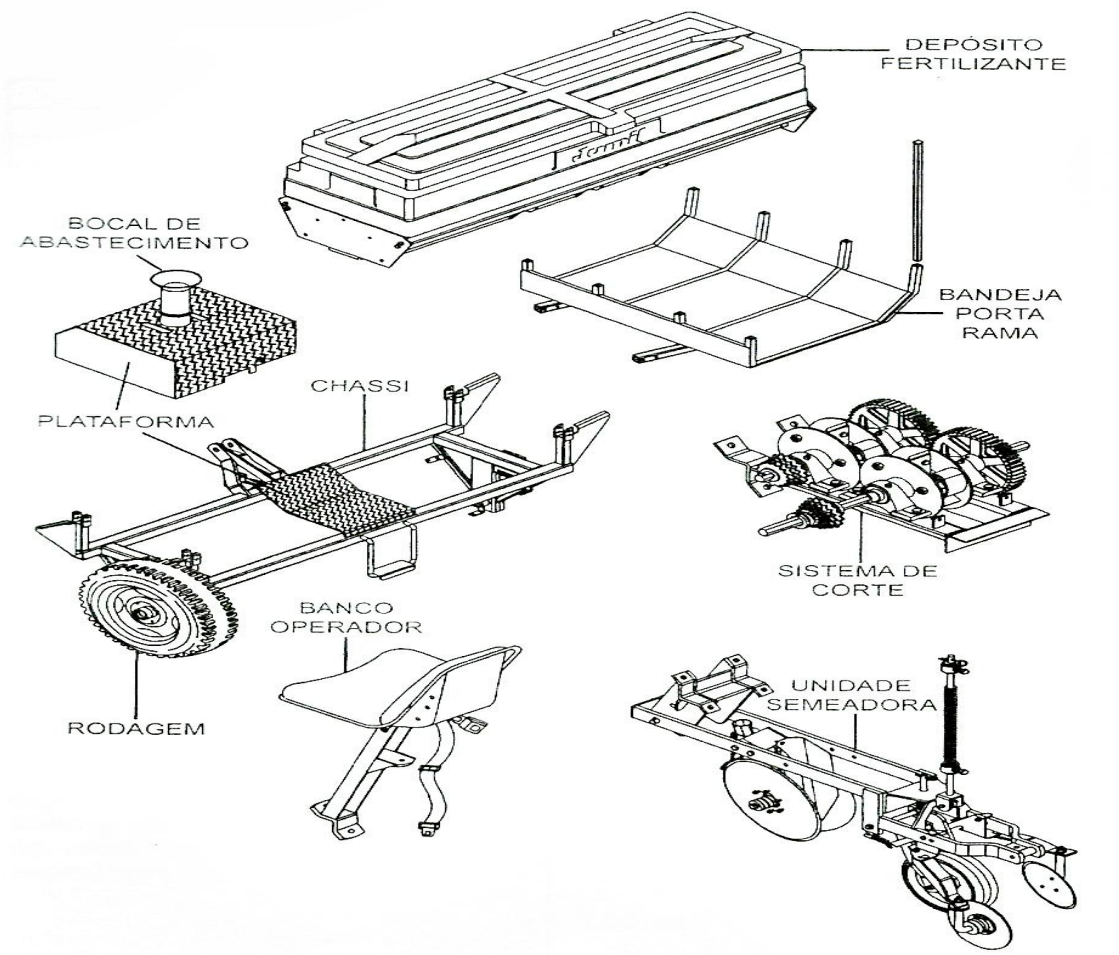
Conforme manual de instruções fornecido pela empresa fabricante, o equipamento constitui-se basicamente pelos seguintes componentes:

- Chassi tipo monobloco de estrutura tubular, permitindo uma configuração para duas unidades de plantio.

- Rodagem acoplada ao chassi da máquina, responsável pela transmissão de acionamento dos elementos de corte de manivas e distribuidores de fertilizantes.

- Depósito de fertilizante composto por caixa de polietileno com dosadores de rosca sem fim flutuante.

Figura 12 - Composição do produto.



Fonte: (JUMIL, 2012)

- Sistema de corte de manivas com rotor dotado de facas tipo guilhotina e puxadores flexíveis para admissão das ramas.

- Câmbio de regulagem para distribuição de fertilizante e maniva dotadas de rodas dentadas, correntes de rolo e esticador para troca rápida da mudança de velocidade dos dosadores.

- Bancos para operadores dotados de cinto de segurança e montados sobre plataformas.

- Bandejas porta-ramas composta por base articulada e *fueiros* laterais.

- Bocal de abastecimento para admissão das ramas localizado sobre a plataforma e a frente dos assentos dos operadores.

- Unidade de distribuição de manivas composta por disco duplo paralelo dotado de um condutor tipo tobogã para o escoamento das manivas e discos aterradores de posicionamento regulável.

- Haste sulcadora adubadora (opcional) para deposição do fertilizante composta por: suporte de fixação, haste com ponteira escamoteável e condutor, além de sistema com recurso de regulagem para adubação lateral.

- Roda terminadora de sulco (opcional), com a função específica de eliminar bolsões de ar e contribuir para um melhor contato da maniva com o solo.

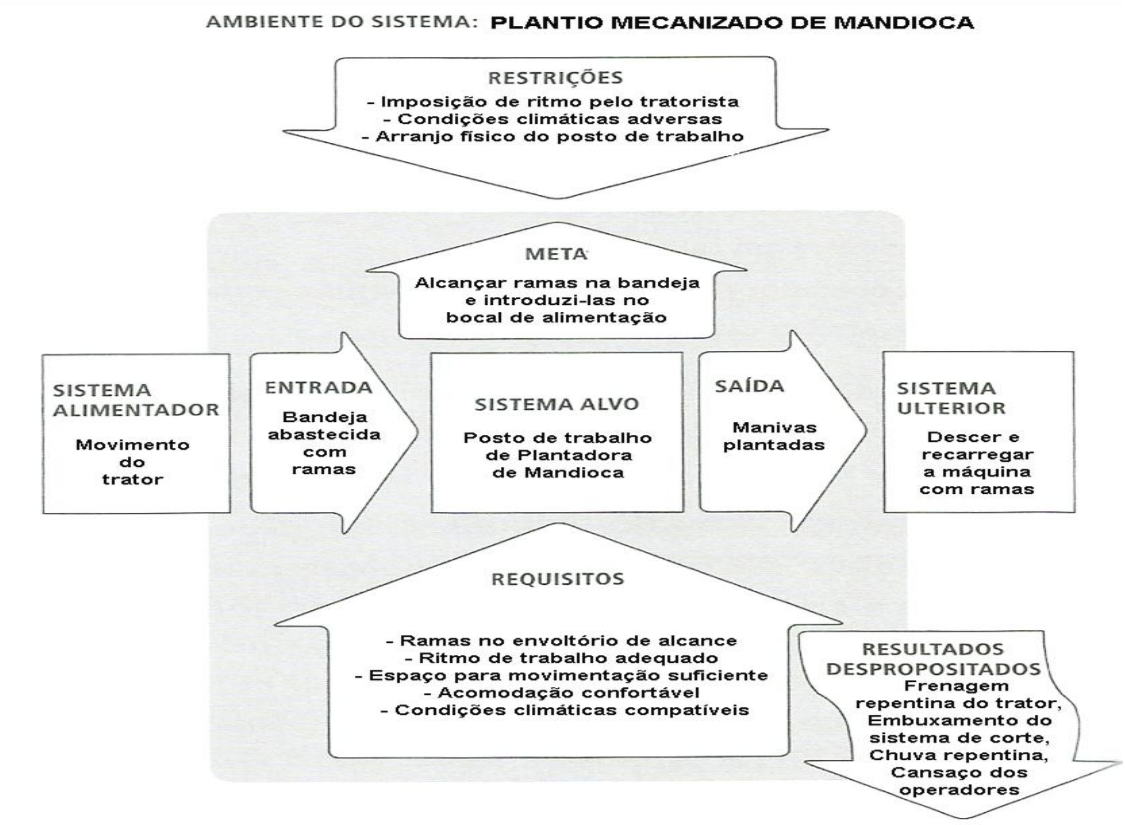
5.1.2 Sistematização do sistema homem-tarefa-máquina

A princípio, fez-se necessário coletar o maior número de informações possíveis sobre assuntos referentes ao plantio mecanizado da mandioca. Sendo assim, foram pesquisados vários canais de informações, nos quais foi possível coletar dados sobre problemas que só poderiam ser evidenciados em campo.

Dados cedidos por profissionais desenvolvedores da máquina, depoimentos fornecidos pelo pessoal da assistência técnica, relatos e vídeos disponibilizados por proprietários do implemento possibilitaram a sistematização do sistema homem-tarefa-máquina.

Partindo de um modelo de caracterização e posição de sistemas, proposto por Moraes e Mont'alvão (2009), adaptou-se o modelo à plantadatora em questão.

Figura 13 - Caracterização e Posição Serial do Sistema de Plantio Mecanizado de Mandioca.



Fonte: Adaptado (MORAES; MONT'ALVÃO, 2009)

Na sistematização do plantio mecanizado da mandioca, foi possível identificar etapas circundantes que atingem diretamente o sistema alvo, tais como: restrições, requisitos, entradas, saídas, meta, sistemas alimentador, ulterior e resultados despropositados do sistema.

5.1.3 Problematização do sistema homem-tarefa-máquina

Esta etapa consistiu em analisar as condições operacionais do equipamento através de visitas à empresa fabricante, de aquisição de manuais de instrução e de vídeos disponibilizados pelos vendedores e pelo pessoal da assitência técnica. O estudo, também, objetivou realizar uma análise das NR's 12, 17 e 31, de modo a verificar conformidades do equipamento com estas.

5.1.3.1 Análise do manual de instruções e a importância da NR 31 na utilização do equipamento

Este tópico buscou, como uma das etapas do processo de apreciação, realizar uma breve análise do manual de instruções, visando identificar possíveis falhas instrucionais que pudessem ocasionar em erros quanto a interpretações por parte dos usuários, o que poderia causar problemas diretos quanto ao uso do equipamento. Fez-se nescessário também realizar um estudo da NR 31 de maneira a identificar as responsabilidades dos proprietários quanto às questões de segurança do equipamento em campo.

Embora o produto avaliado cumpra com todas as normas de segurança dentro do ambiente fabril, no que se refere ao processo de produção do implemento, é no campo, funcionando e em contato com indivíduos, geralmente com pouca instrução sobre a utilização do equipamento, que suas potencialidades de risco aumentam.

Entretanto, a verificação iniciou-se *in loco*, no pátio da empresa fabricante, obtendo informações que partiram de diálogos informais com os desenvolvedores do produto (engenheiros, vendedores e funcionários da equipe de assistência técnica).

Figura 14 - Máquina apreciada e equipe de desenvolvedores no pátio da empresa.



Dentre várias recomendações sobre segurança dispostas na NR 31, destaca-se o subitem 31.3.3, que discorre sobre o dever do empregador rural fornecer aos trabalhadores instruções compreensíveis em matéria de segurança e saúde, bem como toda orientação e supervisão necessárias ao trabalho seguro. Além disso, a norma também requer do empregador que ele adote medidas de proteção pessoal, sem ônus para o trabalhador, de forma complementar ou caso ainda persistam temporariamente fatores de risco.

Dessa maneira, torna-se importante concluir que alguns procedimentos de segurança não cabem exclusivamente à empresa fabricante da plantadora, que, mesmo assim, procura se resguardar orientando, no manual de instruções do implemento, subtítulo “Equipamentos de Proteção Individual”, página 9, que: "[...] É de responsabilidade do empregador rural o fornecimento de proteção de cabeça, olhos e face; óculos de segurança; proteção auditiva; máscaras com filtro mecânico tipo PFF1, luvas de raspa e botas com biqueira reforçada."

Concluiu-se, nesta etapa, que a máquina dispõe de um manual de instruções de uso relativamente claro, principalmente no que se refere à riqueza de desenhos e textos com linguagem simples. Estudos mais aprofundados sobre legibilidade e falhas de interpretações poderão ser realizados em futuras pesquisas.

Sendo assim, esta etapa teve como objetivo evidenciar apenas problemas que, em tese, poderiam ser solucionados em fase de projeto, ficando a cargo do empregador rural a conscientização de seus empregados para o uso de equipamentos de proteção individual.

5.1.3.2 Sistemas de proteção: análise da NR 12 e 17

Esta análise, realizada no pátio da empresa, também contou com a presença de técnicos desenvolvedores da máquina e de profissionais da assistência técnica, tendo como objetivo realizar uma averiguação inicial com relação à concordância dos itens de segurança da máquina com as NR's 12 e 17.

Algumas hipóteses pertinentes a problemas de ordem ergonômica se evidenciaram simplesmente partindo da mera observação de vídeos e imagens fornecidas por profissionais da equipe de assistência técnica.

Uma das observações foi a de que o implemento analisado não possui cobertura contra as intempéries, situação que expõe o operador às condições climáticas adversas como chuva ou luz solar excessiva.

Em se tratando dos elementos de máquinas móveis responsáveis pela funcionalidade mecânica do implemento e que de alguma forma poderiam prejudicar a integridade física do operador, é mencionado no subitem 12.47 da NR 12 que: as transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.

Observou-se que a máquina possui diversos elementos de transmissões de força responsáveis pelo sistema de plantio, os quais são compostos por: câmbios de distribuição das “manivas” e câmbios de distribuição de fertilizantes, caracterizando-se em eixos, engrenagens, correntes, facas e rotores. Esses itens, de maneira desprotegida, poderiam de alguma forma ferir a integridade física do operador com o implemento em movimento.

Nesta análise, verificou-se ainda que o implemento possui sistemas de proteção fixos ou móveis, com exceção do sistema de distribuição de fertilizantes; no entanto, este mecanismo não oferece riscos ao usuário, pois está localizado abaixo do depósito de fertilizante, este, por sua vez, funcionando também como barreira de proteção.

Figura 15 - (1) - Proteção móvel dos elementos de transmissão do sistema de distribuição de fertilizante, (2) - Proteção móvel dos elementos de transmissão do sistema de corte (plataforma), (3) - Assento sem regulagens.



5.1.3.3 Análise da tarefa

Com os vídeos cedidos pela equipe de assistência técnica, gravados em diversas propriedades rurais, foi possível antever algumas hipóteses e realizar uma síntese de como se caracteriza a tarefa de plantio no posto de trabalho da plantadora.

Segundo Moraes e Mont'alvão (2009), a análise da tarefa caracteriza-se na definição da tarefa, nos requisitos da tarefa e na presença humana na tarefa, sendo imprescindível o conhecimento da meta do sistema homem-tarefa-máquina.

A meta do sistema foca-se no posto de trabalho da plantadora, em que o objetivo dos operadores consiste basicamente em:

- Alcançar as ramas que estão armazenadas nas bandejas.

- Separar, em uma das mãos, uma única rama.

- Visualizar e introduzir as ramas no bocal de abastecimento.

Figura 16 - Sequência de movimentos no processo de plantio mecanizado. Alcançar, separar visualizar e introduzir as ramas no bocal de abastecimento.



Os movimentos de alcançar, separar, visualizar e introduzir as ramas no bocal de abastecimento finalizam o ciclo fundamental desta tarefa, que pode ser repetida várias vezes, dependendo de alguns fatores:

- Velocidade imposta pelo operador do trator.

- Experiência dos operadores da plantadora em alcançar e apanhar maior ou menor quantidade de ramas por vez.

- Comprimento das ramas, que podem variar de acordo com a qualidade da planta.

- Dimensões da área a ser plantada.

- Quantidade de carga (ramas) a ser transportada pela plantadora.

Observou-se, em alguns registros em vídeo, que um operador experiente, trabalhando com “ramas” que variavam entre 80 cm a 100 cm de comprimento e com o trator se movimentando a uma velocidade média de 5 Km/h, realizou em média:

- 5 vezes por minuto o movimento de alcance das ramas na bandeja porta-ramas.

- 18 vezes por minuto o movimento de introdução das ramas no bocal de abastecimento.

Pode-se estimar que, numa jornada de 8 horas diárias, considerando uma pausa de 2 horas, um operador realizaria em média:

- 1800 vezes o movimento de alcance das ramas na bandeja porta-ramas.

- 6480 vezes o movimento de introdução das ramas no bocal de abastecimento.

Os números anteriores comprovam a alta frequência na repetitividade da tarefa de plantio e sugerem maior atenção no sentido de reavaliar o projeto deste equipamento.

5.1.3.4 Arranjo físico e regulagens

Dentre todos os itens abordados até aqui, o que mais chamou atenção foi o arranjo físico da plantadora, característica primordial para o conforto e a subsequente produtividade do trabalhador.

No subitem 12.97 da NR 12, é descrito que os assentos utilizados na operação de máquinas devem possuir estofamento e ser ajustáveis à natureza do trabalho executado. Recomendação semelhante é prevista no subitem 17.3.3 da NR 17.

Notou-se também que, embora tenham cinto de segurança, encosto, estofamento e bordas arredondadas, os assentos não possuem ajustes de altura, conforme recomenda o subitem 12.97 da NR 12, como pode ser visualizado na figura 15, o que impede o atendimento à variabilidade das características antropométricas dos operadores.

Um fator importante a ser considerado refere-se à bandeja porta-ramas, na qual se verificou a ausência de regulagens para que se aproximem as ramas ao alcance do operador. Além de tudo, as bandejas são providas de *fueiros* dispostos verticalmente ao redor, o que pode vir a ser um obstáculo ao movimento de alcance das ramas.

Figura 17 - Máquina em campo - (1) - Fueiros dispostos nas laterais da bandeja, (2) - Ausência de regulagem nas bandejas.



Nota-se, na figura 17, uma ligeira inclinação do operário à esquerda para realizar a tarefa de alcance. Também se observa a retirada de um dos *fueiros* próximo ao operador, a fim de facilitar o alcance às ramas.

O procedimento de inserção das ramas no bocal de abastecimento é outro fator preponderante a ser considerado. Isso porque o espaço entre o final do assento e o depósito de fertilizante é de apenas 30 centímetros, o posicionamento do bocal de abastecimento é notadamente curto e está posicionado entre as pernas do operador, o que o obriga a se inclinar para frente de modo assumir uma postura inadequada, caso tente visualizar o bocal de abastecimento, para só então realizar a introdução das ramas.

Figura 18 - Máquina em campo - (1) - Bocal de abastecimento situado no piso e entre as pernas do operador, obriga o indivíduo a realizar postura inadequada.



Outro item relevante a ser considerado refere-se às regulagens das unidades de plantio. Para atender às demandas de diferentes regiões do país, o projeto da plantadora deve permitir regulagens entre as unidades de plantio. No modelo avaliado, esta regulagem pode variar entre 800 mm a 1200 mm, conforme citado em seu manual de instruções.

Figura 19 - Máquina disponibiliza regulagens de espaçamento entre unidades de plantio. Situação que leva à variação na distância entre operador e bandeja porta ramas.



No entanto, os assentos da máquina estão diretamente fixados a estas unidades e deslocam-se de acordo com a regulagem a ser adotada pelo agricultor. Esta adversidade faz com que quanto menor for o espaçamento adotado, maior será a distância do operador em relação à bandeja porta-ramas, como é possível observar na figura 19.

5.1.4 Problematização: resultados

Após análise da problematização do sistema homem-tarefa-máquina, foi possível categorizar os seguintes problemas:

- Interfaciais

Observando, no procedimento de plantio, a assunção de posturas prejudiciais resultantes de inadequações do envoltório de alcance, o que pode trazer prejuízos para o sistema muscular e esquelético.

- Acionais

Verificando, durante a tarefa apreciada em vídeo, que o procedimento de plantio mecanizado pode causar constrangimentos biomecânicos no ataque acional a movimentações que podem trazer traumas derivados de esforços repetitivos.

- Físico-Ambientais

Observando que o procedimento de plantio mecanizado, por se tratar de um processo realizado a céu aberto, pode expor os operários a níveis de temperatura e ruído acima ou abaixo dos níveis recomendados pelas normas regulamentadoras.

- Naturais

O plantio mecanizado também pode expor os indivíduos às intempéries e/ou ao excesso de sol.

- Operacionais

Quando se verificou que este tipo de tarefa expõe o indivíduo a um ritmo de trabalho relativamente intenso, bem como à repetitividade e à monotonia.

5.1.5 Predições

A partir da apreciação ergonômica, da problematização e da sistematização, realizaram-se conjecturas que permitiram definir o foco da diagnose. Obteve-se, então, como hipótese que a manutenção da postura sentada, derivada de assentos sem regulagens, bem como o posicionamento da bandeja e bocal de abastecimento, que também se preservam em posições fixas no referido posto de trabalho, podem ocasionar queixas resultantes de possíveis dores na região das costas. Tudo isso somado a extremas condições físicas e ambientais, bem como ao acentuado ritmo de trabalho imposto pelo trator, podem suscitar num ambiente laboral pouco aprazível.

Dessa forma, a observação sistemática centrou-se nas posturas assumidas pelos indivíduos operadores da referida plantadora e nas condições físicas e ambientais dos locais de plantio.

5.1.6 Conclusão da apreciação ergonômica do sistema homem-tarefa-máquina: plantadora mecanizada de mandioca

Após uma minuciosa análise de registros em vídeos, assim como uma realização de uma detalhada averiguação do arranjo físico do posto de trabalho da plantadora, a etapa de apreciação concluiu-se nos seguintes objetivos para que se pudesse dar prosseguimento à etapa de diagnose:

- Avaliar, através de normas e desenhos da plantadora, a eficiência do envoltório de alcance da bandeja porta-ramas.

- Analisar o problema sob um enfoque macro através da observação direta do sistema.

- Analisar em campo a ambiência física da tarefa.

- Através da realização de entrevistas semiestruturadas, investigar o perfil e a voz dos indivíduos operadores da referida plantadora, tendo em vista a busca de dados gerais como: idade, sexo, peso e estatura, de forma a alimentar uma pequena amostra de dados antropométricos, bem como realizar

uma averiguação quanto ao uso de EPI's, de modo a entender sobre possíveis problemas instrucionais quanto ao uso ou não desses equipamentos durante a operação da máquina.

- Através de observação sistemática, investigar as posturas assumidas no procedimento de plantio.

- Aplicar nos operadores o diagrama de Corllet e Manenica (1980), a fim de averiguar possíveis desconfortos posturais durante a execução da tarefa.

- Aplicar questionário estruturado sobre o conforto durante a utilização do equipamento, a fim de obter parâmetros para a reprojetação da máquina.

- Após coleta de informações antropométricas em campo, criar amostras de DMH's e, juntamente com o desenho 3D da máquina em estudo, criar um ambiente virtual com o auxílio de um *software* DMP. Após esse procedimento, utilizar-se do método RULA, disponibilizado pelo mesmo *software*, de forma a realizar a confirmação ou refutação das conclusões encontradas após resultados da aplicação do diagrama de Corllet e Manenica (1980) nos mesmos indivíduos.

5.2 Diagnose ergonômica

Esta etapa trata-se, conforme Moraes e Mont'alvão (2009), do aprofundamento dos problemas de ordem ergonômica: análise da tarefa dos sistemas homem-tarefa-máquina, registros de frequências, duração de posturas assumidas, tomadas de informações, acionamentos, comunicações, etc.

Utilizando como parâmetros os resultados obtidos na fase de apreciação, foi possível dar prosseguimento à etapa de diagnose, que, incialmente, se desenvolveu com uma análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de desenhos da máquina fornecidos pela empresa fabricante e *softwares* específicos. A etapa seguinte estendeu-se em campo, mais especificamente em propriedades rurais, onde se utilizavam deste maquinário. Essas visitas a campo foram de fundamental importância, pois somente com a observação direta da tarefa a ser analisada e com relatos

fornecidos pelos próprios utilizadores do implemento foi possível dar continuidade às etapas posteriores. A etapa final desta fase deu-se com a confrontação de DHM's e desenho 3D do implemento em estudo, utilizando-se do *software* DMP, sendo possível realizar a validação ou contraposição dos dados obtidos nas respostas dos entrevistados quanto a possíveis desconfortos na tarefa de plantio.

5.2.1 Análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico

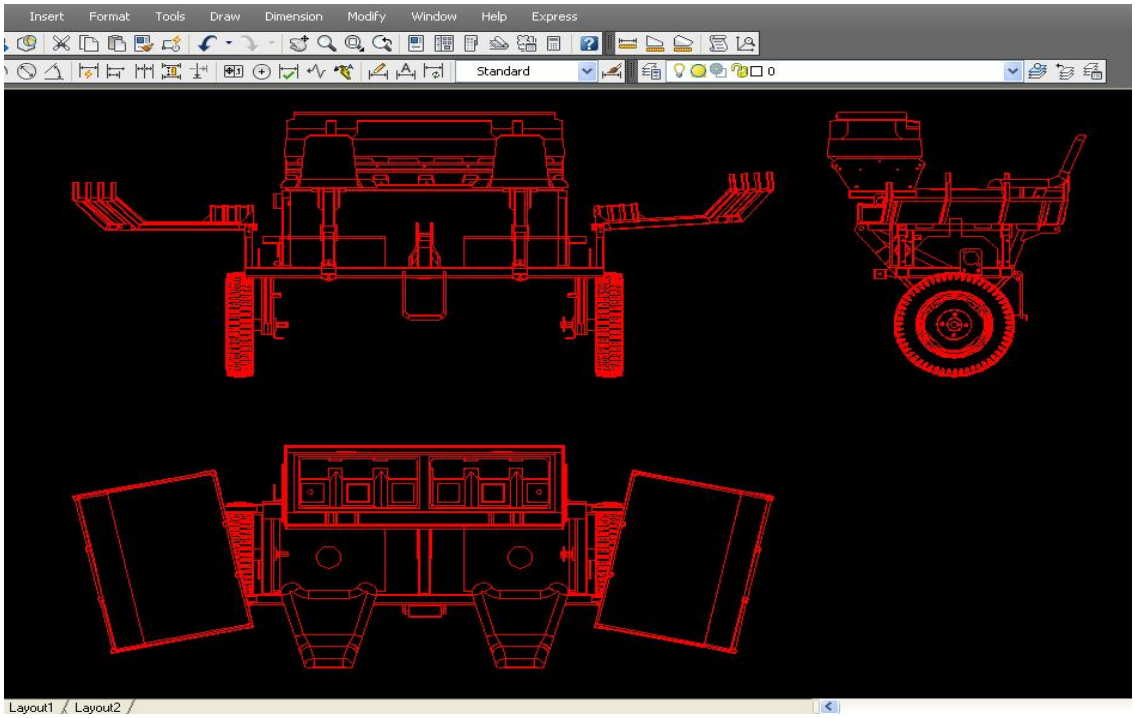
Com o intuito de verificar de maneira mais precisa a eficácia do *layout* de trabalho da plantadora, realizou-se uma análise envolvendo desenhos em 3D da máquina.

Utilizou-se como parâmetros de referência a norma AFNOR-X-35-104-1980, que recomenda espaços de trabalho apropriados para o trabalho na posição sentada.

O objetivo principal desta análise foi buscar parâmetros iniciais no sentido de quantificar o alcance dos operadores à bandeja porta-ramas e verificar até que ponto este procedimento influenciaria negativamente na tarefa à medida que o distanciamento entre as linhas diminuísse.

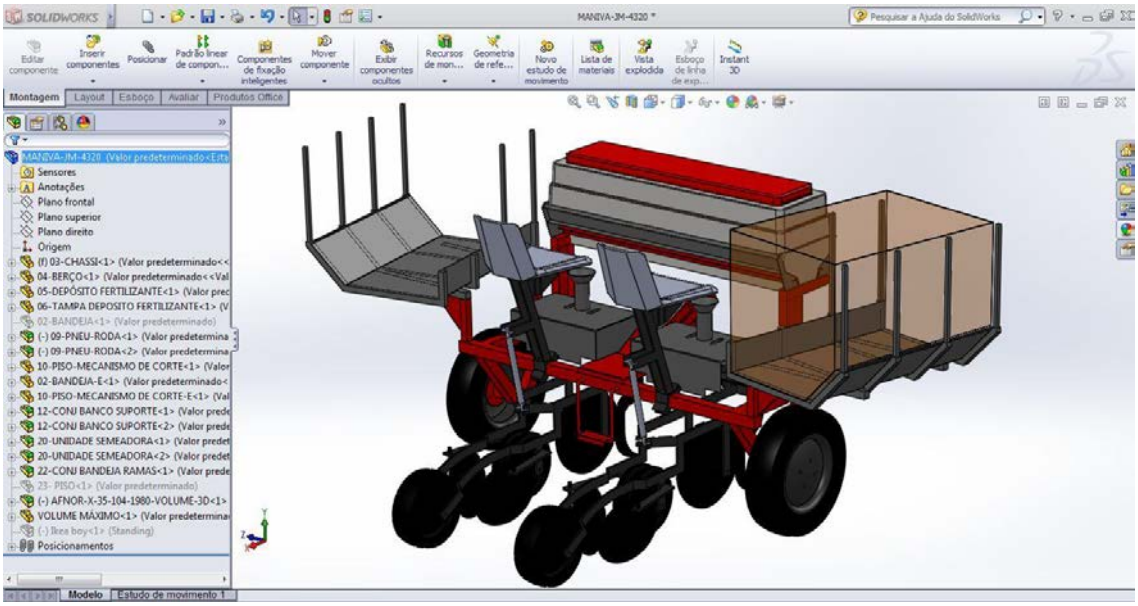
A primeira etapa deste estudo consistiu no redesenho em três dimensões da plantadora, utilizando o *software* de modelagem CAD 3D versão estudantil *Dassault Systèmes Solidworks 2012*, apresentado na figura 21. A construção do desenho foi elaborada partindo de arquivos em formato *.dwg* 2D, em escala, fornecidos pela empresa fabricante da plantadora, apresentado na figura 20.

Figura 20 - Desenho da plantadora em formato DWG fornecido pela empresa fabricante em três vistas ortográficas.



Fonte: adaptado (AUTODESK™ AUTOCAD, 2013)

Figura 21 - Desenho em 3D da plantadora de mandioca realizado com o *software* Dassault Systèmes Solidworks 2012, versão estudantil.

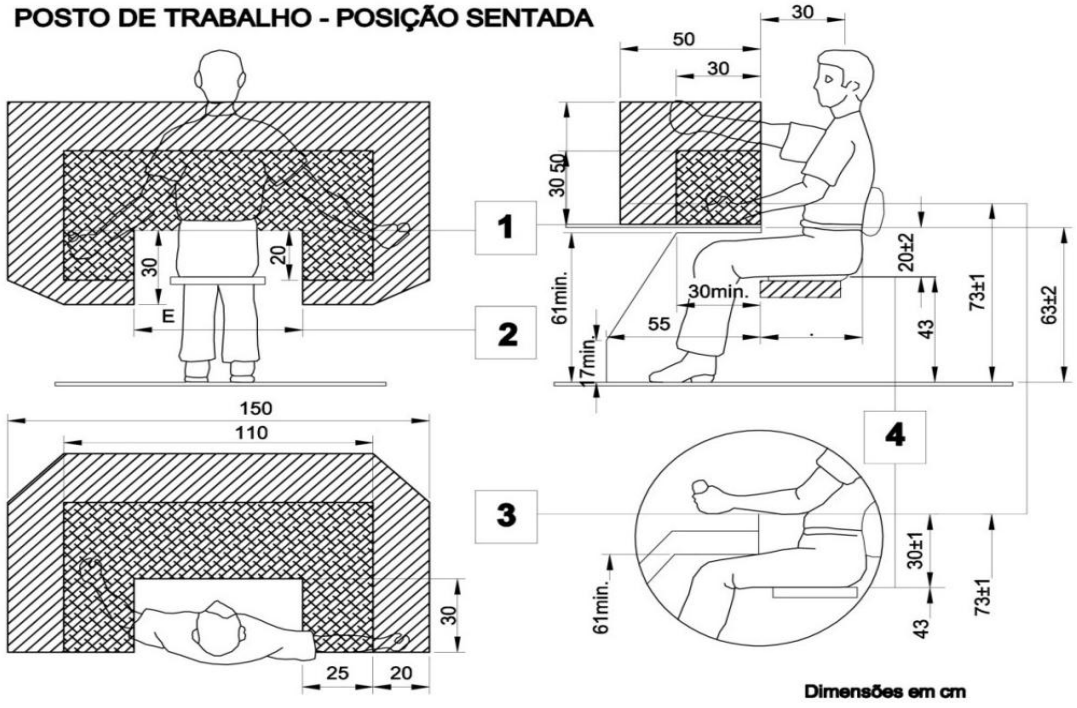


Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ SOLIDWORKS, 2012)

A próxima fase consistiu na criação do modelo em 3D dos espaços de trabalho sugeridos por Iida (2005) na norma AFNOR X 35-104-1980, que recomenda espaços para trabalho sentado delimitando-os em um envoltório de

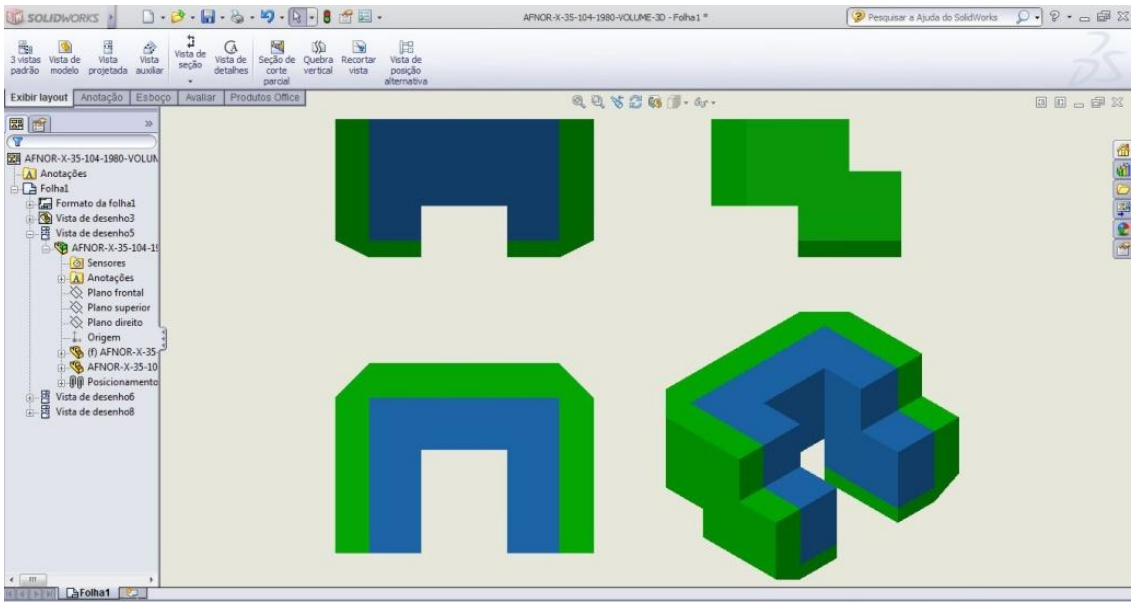
alcance "bom" e "aceitável", representado em 3D na figura 23 pelas cores azul e verde respectivamente.

Figura 22 - Norma AFNOR X-35-104 (1980).



Fonte: adaptado (IIDA, 2005)

Figura 23 - Desenho em 3D da norma AFNOR X 35-104-1980 realizado no *software* Dassault Systèmes Solidworks 2012, versão estudantil.



Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ SOLIDWORKS, 2012)

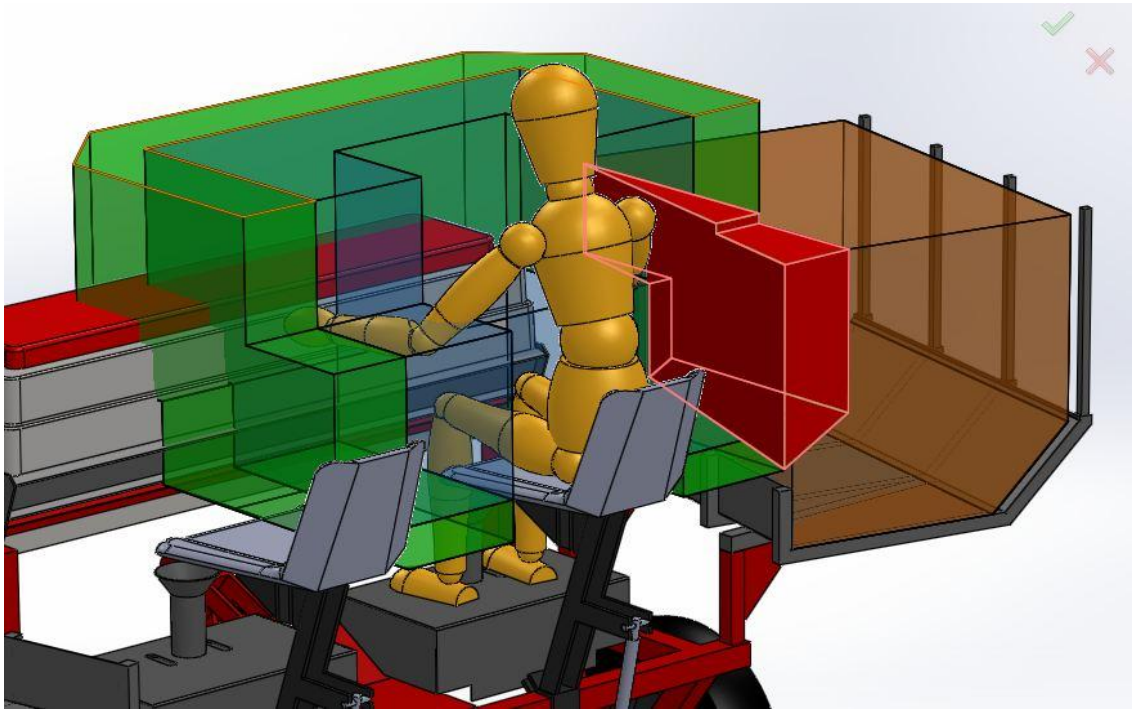
A etapa seguinte consistiu no desenho do volume 3D que representasse a carga máxima de ramas suportada por 1(uma) bandeja porta-ramas (0,5m³), ilustrado na figura 24 pela cor "marrom".

A etapa final consolidou-se com o posicionamento do modelo em 3D da norma, utilizando como referência o assento da plantadora.

O *software solidworks* 2012 versão estudantil possui uma ferramenta de avaliação que detecta interferências, utilizando-se de operações *booleanas* para cálculo do volume resultante entre dois modelos que se intersecsionam. Com a utilização desse recurso, foi possível quantificar o volume, em metros cúbicos, gerado pela intersecção entre os volumes 3D para alcances "bom" e "aceitável", recomendado pela norma, com o volume 3D da carga máxima aceitável de uma bandeja porta-ramas.

Esta análise foi realizada com simulação de regulagens de espaçamentos entre linhas, conforme descrito no manual de instruções da plantadora e estudos realizados por Fukuda e Otsubo (2003), variando entre as posições: 120, 110, 100, 90 e 80 cm.

Figura 24 - Volume do envoltório de alcance coincidente (cor vermelha) entre norma AFNOR-X-35-104-1980 e espaço da bandeja porta-ramas.



Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ SOLIDWORKS, 2012)

Um modelo antropométrico 3D masculino de percentil 95% foi utilizado apenas para orientação e, portanto, não influenciou no produto final desta análise.

5.2.2 Resultados da análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico

De maneira geral, tanto a ausência de um sistema de regulagem dos bancos quanto a inexistência de regulagem das bandejas produzem um espaço de trabalho pouco funcional, o que resulta numa limitada área de alcance do operador às bandejas.

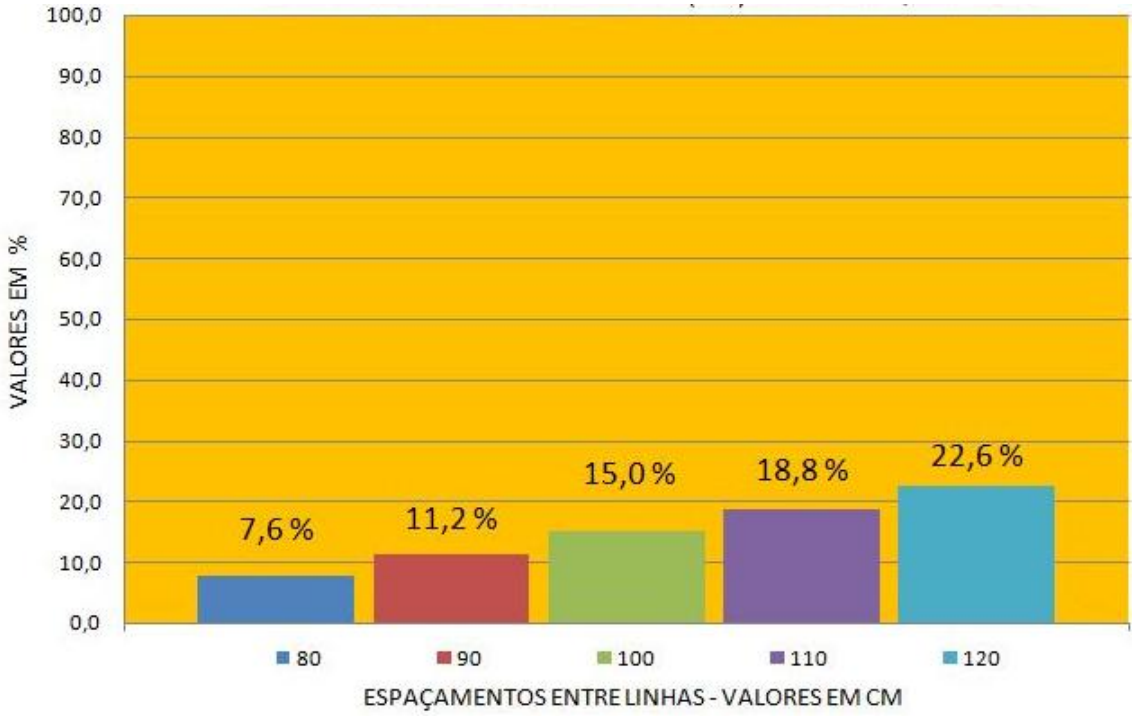
É importante salientar que a plantadora, segundo consta em seu manual de instruções, comporta uma capacidade total de 1m³ de ramas. No entanto, um operador tem acesso a apenas uma bandeja, que possui carga limite de 0,5 m³.

Quadro 1 - Volume do envoltório de alcance, segundo norma AFNOR-X-35-104-1980 em função dos espaçamentos adotados em plantio - Plantadora de Mandioca em estudo.

A	ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS SUGERIDOS (EMBRAPA,2003)	80	90	100	110	120	CM
B	CAPACIDADE MÁXIMA -TOTAL DE RAMAS - SOMATÓRIA DE TODAS AS BANDEJAS	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	M³
C	CAPACIDADE MÁXIMA DA BANDEJA DISPONÍVEL PARA 1 (UM)OPERADOR (1 LATERAL)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	M³
D	ESPAÇO ACEITÁVEL - (AFNOR-X-35-104-1980) (IIDA,2005)	0,038	0,054	0,066	0,074	0,078	M³
E	ESPAÇO BOM - (AFNOR-X-35-104-1980) (IIDA,2005)	0,000	0,002	0,009	0,020	0,035	M³
F	ESPAÇO TOTAL (ACEITÁVEL + BOM)	0,038	0,056	0,075	0,094	0,113	M³
G	APROVEITAMENTO DO ESPAÇO TOTAL DE ALCANCE DA BANDEJA CONFORME NORMA	**7,6**	**11,2**	**15,0**	**18,8**	**22,6**	%

Na regulagem para o plantio com espaçamento de 120 cm entre linhas, por exemplo, nota-se que apenas 22,6% (somatória de espaço "aceitável" + espaço de trabalho "bom") do espaço de preensão oferecido na bandeja estão em convergência com a norma. Em algumas posições, o alcance ao espaço, considerado pela norma "bom", chega ao volume zero.

Gráfico 1 - Volume máximo disponível da bandeja da plantadora, segundo norma AFNOR X 35-104-1980, para 1 (um) operador : 0,5 m³ = 100%



Naturalmente, à medida que diminui o espaçamento entre as linhas, o alcance às bandejas tende a ficar mais sofrível, como se observa no gráfico 01.

Conclui-se, neste estudo, que o envoltório de alcance para acesso às ramas é pouco aproveitado, o que pode ocasionar uma exigência de posturas inadequadas por parte dos operadores.

5.2.3 Análise macroergonômica

A macroergonomia é baseada em um método participativo, no qual o público envolvido no processo de trabalho contribui para que as intervenções que se façam necessárias tenham maior assertividade, pois reduz a margem de erros na sua criação, obtendo-se, assim, melhorias e maior aceitação, uma vez que foram construídas com a participação dos trabalhadores (GUIMARÃES, 2006).

A pesquisa foi realizada em quatro propriedades rurais, todas localizadas na região leste do estado de São Paulo, no período entre maio e julho de 2013.

A localização, nomes e telefones dos responsáveis pelas propriedades rurais pesquisadas foram fornecidos pela empresa fabricante da plantadora. Todos os proprietários foram contatados pelo pesquisador com pelo menos sete dias de antecedência, para que fossem esclarecidas previamente as razões da visita.

Quadro 2 - Localização geográfica das propriedades rurais pesquisadas.

PROPRIEDADE	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE
1	CASA BRANCA - SP	21° 57' 9.09" S	47° 1' 58.12" O
2	AGUAÍ - SP	22° 3' 33.15" S	46° 56' 5.99" O
3	LIMEIRA -SP	22° 28' 46.90" S	47° 17' 35.27" O
4	CONCHAL-SP	22° 22' 45.06" S	47° 10' 0.82" O

A pesquisa, que se baseou na observação direta através de entrevistas semi-estruturadas, constatou que os utilizadores da plantadora em estudo são formados, de maneira geral, por grupos familiares donos de pequenas propriedades rurais, cuja sucessão ocorre por indivíduos com grau de parentesco de mesma consanguinidade, que formaram sucessivamente outros grupos familiares.

Notou-se, também, a presença de indivíduos externos ao grupo familiar, os quais são contratados de maneira informal e temporária de modo a compor a força de trabalho em uma possível ocorrência de aumento na demanda da produção.

Tais grupos se utilizam da policultura e alternam, além do cultivo da mandioca, a produção de milho, soja, feijão, etc. Dessa maneira, agregam alternativas para proporcionar diversificação da fonte alimentar, com o objetivo de aumentar a renda familiar.

Os proprietários indagados também afirmaram trabalhar com o sistema de arrendamentos, negociando, assim, parte da produção como forma de pagamento do aluguel da terra, ao passo que o restante produzido é negociado nas Centrais de Abastecimento (CEASA) mais próximas.

Nas 4 propriedades visitadas, o maquinário foi adquirido, como na maioria das situações de pequenos agricultores, através de financiamento bancário, sendo utilizado tanto para benefício próprio quanto para prestação de serviços em outras propriedades.

Notou-se nas propriedades visitadas que, apesar de relativamente pequenas, seus proprietários dispõem de uma grande variedade de maquinário agrícola para as mais variadas tarefas. Quando questionados quanto ao aperfeiçoamento das tecnologias agrícolas, referindo-se à inserção de novas máquinas, insumos e técnicas em seus negócios, foram unânimes em se posicionarem totalmente favoráveis a tais mudanças, acrescentando que procuram estar sempre bem informados sobre esses avanços, a fim de melhorar a produtividade em suas propriedades.

Outra importante característica observada em campo diz respeito à recepção dos proprietários pelo grupo de pesquisa, que sucedeu de forma extremamente afável, a tal ponto que foram fornecidas informações técnicas sobre o maquinário que excederam o necessário. Isso demonstra a importância de um frequente e minucioso acompanhamento de uma equipe, seja de assistência técnica ou mesmo de projeto, no sentido de continuamente coletar informações dos usuários para o aperfeiçoamento do produto, seja qual for o nicho de mercado.

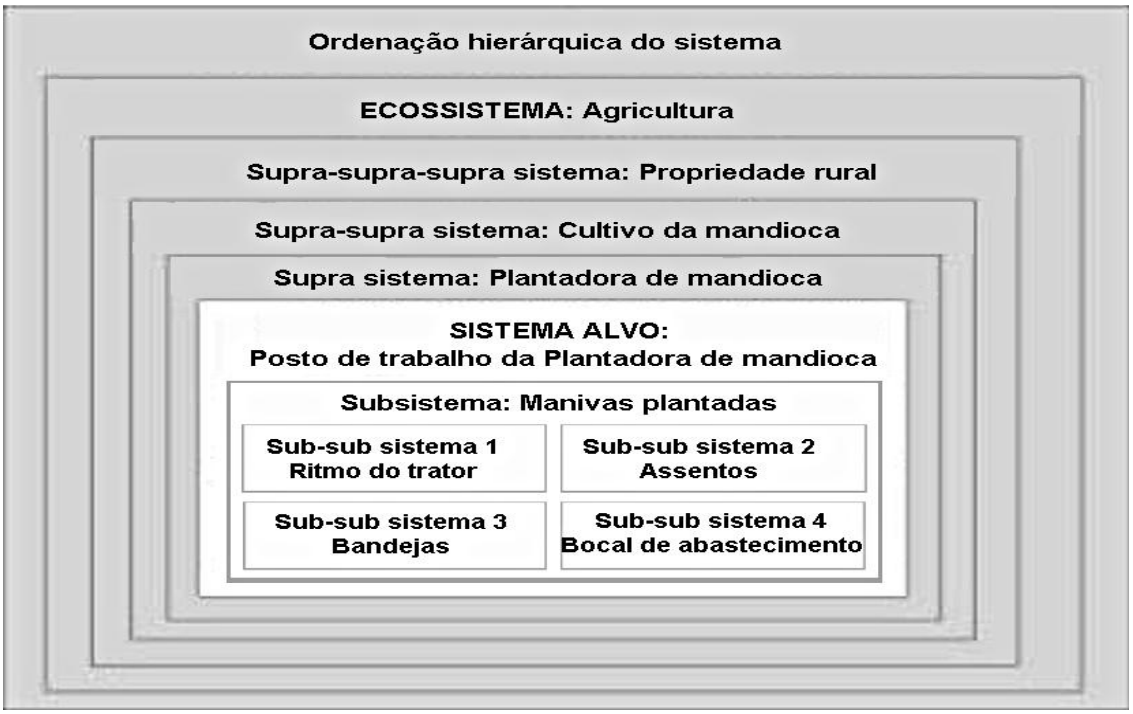
Quadro 3 - Problemas e possíveis soluções informadas pelos próprios utilizadores do implemento em estudo.

PROBLEMAS ERGONÔMICOS PROBLEMAS MECÂNICOS

	FATORES QUE INCOMODAM NA OPERAÇÃO	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
1	PEGAR/ALCANÇAR A RAMA	APROXIMAR A BANDEJA UTILIZAR LUVAS
2	NÃO TEM MARCADOR DE LINHA	ACRESCENTAR MARCADOR DE LINHA
3	DORES NAS COSTAS	ACRESCENTAR MECANISMO DE REGULAGEM NOS BANCOS
4	BANCO MUITO RÍGIDO ; SEM REGULAGEM	ACRESCENTAR AMORTECEDORES
5	DORES NAS PERNAS	ACRESCENTAR REGULAGENS NOS BANCOS
6	ROTOR NÃO FUNCIONA CORRETAMENTE	VERIFICAR PRESSÃO E RÍGIDEZ DAS BORRACHAS

O quadro 3 demonstra, sucintamente, relatos de alguns operadores que se pronunciaram voluntariamente, indagando sobre problemas e possíveis melhorias no projeto da plantadora em estudo.

Figura 25 - Ordenação hierárquica do Sistema de Plantio Mecanizado de Mandioca.



Fonte: adaptado (MORAES; MONT'ALVÃO, 2009)

Com base nas indagações colhidas nas entrevistas, foi possível construir um modelo de sistema de modo a hierarquizar níveis de entendimento e controle, bem como estabelecer limites para que então se pudesse delimitar o foco da pesquisa, tornando mais explícita a priorização da meta do sistema.

5.2.4 Análise da ambiência física da tarefa

Segundo Moraes e Mont'alvão (2009), a análise da ambiência física da tarefa implica no levantamento de instrumentos e técnicas específicas dos dados físicos do ambiente, seja através de métodos quantitativos ou qualitativos, ou mesmo da simples observação direta.

É característica nas práticas agrícolas a multiplicidade das atividades no campo, o que torna impossível controlar os ambientes de trabalho, quase sempre alocados a céu aberto.

A atividade analisada neste estudo delineou-se especificamente na tarefa de plantio mecanizado da mandioca realizado por dois operadores embarcados em uma plantadora tracionada por um trator.

O processo de plantio da mandioca no Brasil, de maneira geral, deve ocorrer em épocas que antecedem as estações das chuvas e, por isso, podem variar de acordo com cada região. Dessa forma, essa atividade quase sempre ocorre num ambiente de trabalho relativamente quente e seco, o que obriga os operadores a se utilizarem de proteções na cabeça, rostos e membros de forma a protegerem-se dos raios solares e do calor.

Apesar de se evidenciar a presença excessiva de poeira, não foi observado o uso de máscaras, óculos ou qualquer outro tipo de proteção específica por parte dos operadores investigados.

Figura 26 - Trator e plantadora. Inobservância de proteções para os olhos, nariz e ouvidos.



A tarefa de observância quanto ao uso de protetores auriculares contra o ruído provocado pelo motor do trator foi também outro item averiguado na avaliação, pois, expostos a longos períodos de ruído, os trabalhadores podem vir a sofrer danos irreversíveis à audição. Novamente, não se observou o uso de protetores por parte dos indivíduos.

Quando em movimento, notou-se leve trepidação da máquina devido às irregularidades no solo e, por não possuírem sistema de amortecimento, os assentos podem transmitir essa trepidação aos operadores, o que pode levar a um leve desconforto.

Outro item diagnosticado foi a não utilização do cinto de segurança, disponibilizados nos assentos da máquina.

O tempo médio de permanência dos operadores embarcados no equipamento, considerando as quatro propriedades visitadas, variou de 25 a 40 minutos.

Em todas as propriedades visitadas, constatou-se, através de indagações, que o procedimento de plantio é realizado somente durante o dia, pois a demanda produtiva é relativamente baixa, o que torna o fator iluminação pouco relevante nesta pesquisa.

Conclui-se, nesta análise, que os indivíduos utilizadores do implemento estudado não somente se submetem a constrangimentos posturais proporcionados por um *layout* equivocado do implemento, mas também a diversos fatores físicos e ambientais, razão pela qual o uso dos EPI's, principalmente na cabeça, nariz, olhos e ouvidos, caracteriza-se como essencial para a execução saudável da tarefa.

5.2.5 Perfil e voz dos operadores: dados gerais

De acordo com estudos de apreciação ergonômica, foi possível antecipar prováveis problemas que se evidenciariam em campo, o que permitiu a elaboração de modelos específicos de entrevistas aos usuários desta máquina.

A amostra consistiu em 11 trabalhadores, dentre eles um do sexo feminino, e todos relataram possuir relativa experiência na utilização desse implemento (entre 1 e 3 anos). A faixa etária de idade do grupo variou entre 17 a 67 anos. O número de indivíduos foi considerado suficiente, tendo como suporte as considerações realizadas por Tullis e Albert (2008), que indicaram que, independentemente do número total de participantes, as questões de usabilidade mais significativas são observadas após os primeiros 4 ou 5 participantes, em se tratando de um escopo limitado de indivíduos nesta pesquisa.

Com o intuito de um possível e futuro processo de reprojeto da máquina, que visaria atender à variabilidade antropométrica, indagou-se também ao grupo sobre a estatura e o peso de cada participante.

O quadro 4 apresenta informações relevantes no sentido de fornecer parâmetros para o redesenho do implemento, como, por exemplo, a observância de unanimidade de afirmativas quanto ao uso de proteção para cabeça, referindo-se ao uso de chapéus, e a quase totalidade de afirmativas quanto ao uso de proteção solar, referindo-se ao uso de calças e blusas com manga comprida.

Tais respostas conduzem à conclusão de que há grande preocupação por parte dos indivíduos em se protegerem dos malefícios causados pela forte incidência de luz solar no local de trabalho.

Quadro 4 - Resultados das indagações: idade, estatura, peso e uso de proteções individuais.

OPERÁRIO	IDADE	ALTURA (MTS)	PESO (KG)	PROT. CABEÇA	PROT. OLHOS	PROT. OUVIDOS	MÁSCARA PFF1	PROT. MÃOS	PROT. PÉS	PROT. SOLAR	PROT. CHUVA
OP1	43	1,89	98	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
OP2	62	1,67	75	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
OP3	27	1,9	80	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP4	60	1,89	104	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
OP5	27	1,7	70	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP6	36	1,8	102	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
OP7	20	1,8	68	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP8	46	1,68	64	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP9	17	1,9	90	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP10	47	1,95	110	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
OP11	67	1,77	93	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO

Outra observação importante foi quanto ao uso de proteção nos ouvidos e, apesar de dois indivíduos alegarem fazer o uso desta proteção, constatou-se a inobservância deste equipamento em todas as propriedades visitadas. Situações desta natureza estão mais ligadas a níveis de conscientização do trabalhador, através de orientações por parte dos empregadores, que deveriam informar seus funcionários sobre os benefícios proporcionados pelo uso de EPI's, e de rígida fiscalização por parte do MTE. A pesquisa foca a coleta de informações, a fim de utilizá-las posteriormente no reprojeto do implemento visando um enfoque ergonômico. Informações relativas a falhas instrucionais, referindo-se aqui a manuais de instrução pouco claros e ou treinamentos ineficientes, serão levadas ao departamento responsável da empresa de maneira que haja reavaliação da eficiência desses processos.

Pode-se concluir, através da observação do quadro 4, uma grande variabilidade no que se refere a peso, à estatura e à idade dos indivíduos

entrevistados, observação que reforça as afirmações de Gomes et al. (2005), Silva (2009), Sell (2002) e Schoenardie et al. (2010), que ressaltam a multiplicidade de características culturais e raciais da população brasileira, o que leva a uma grande variabilidade na captação de dados antropométricos.

De maneira geral, um grande número de usuários que alegaram não fazer o uso de EPI's, em específico os relacionados a olhos, nariz e ouvidos, traz à tona uma situação preocupante, pois o reprojeto do implemento por si só não os isentarão de futuros problemas de saúde decorrentes do não uso dessas proteções.

5.2.6 Perfil e voz dos operadores: posturas assumidas

De acordo com Thiollent e Bourdieu (1981), a observação torna-se um momento decisivo em qualquer investigação de fatos empíricos e, muitas vezes, é considerada como base de comprovação de tal ou qual hipótese.

Segundo Moraes e Mont'alvão (2009), a análise de posturas durante o registro de comportamento permite avaliar disfunções do sistema e custos humanos do trabalho. Os mesmos autores salientam que se pode atribuir à postura várias funções, uma delas é a de que ela depende de constrangimentos externos, ou seja, da tarefa a realizar e das condições nas quais ela deve ser realizada. Depende também das condições internas do indivíduo, isto é, de seu estado funcional físico-sensorial, de sua experiência e de suas características antropométricas.

Com a máquina em funcionamento, foi possível realizar registros das principais posturas assumidas.

Figura 27 - Máquina carregada com capacidade máxima de ramas, inclusive em espaços improvisados.



Com o implemento totalmente carregado, inclusive com ramas acondicionadas em local improvisado, como se observa na figura 27, a tarefa obriga o indivíduo a curvar o tronco lateralmente para alcançar as ramas.

Figura 28 - Máquina totalmente carregada obriga a abdução dos membros superiores.



Na figura 28, nota-se a exigência de abdução dos membros superiores, para que o operador alcance as ramas em local mais alto.

Figura 29 - Inclinação do tronco para frente.



Com o objetivo de visualizar o bocal de abastecimento das ramas, o indivíduo é forçado a inclinar o tronco para frente, como mostra a figura 29.

Figura 30 - Torção do tronco de modo a verificar a efetivação do plantio.



Esporadicamente, o operador realiza movimentos de torção do tronco para trás, de forma a verificar se o mecanismo está funcionando corretamente, como se pode observar na figura 30.

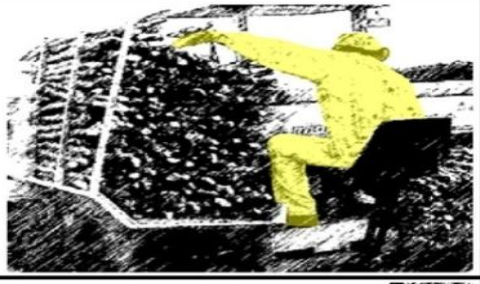
Figura 31 - Bandeja com a capacidade mínima de ramas. Obriga a inclinação lateral do tronco.



O implemento, com sua capacidade mínima de carga, obriga os indivíduos a realizarem uma total lateralização do tronco e abdução dos membros superiores (braço e antebraço), de forma a conseguirem alcançar as ramas, como é demonstrado na figura 31.

A tabela a seguir descreve a síntese dos registros posturais realizados em campo, bem como sua duração na tarefa de plantio com o implemento em movimento.

Quadro 5 - Registro de duração de posturas assumidas - Plantadora de Mandioca em estudo.

REGISTRO DAS POSTURAS ASSUMIDAS		
POSTURAS	**DESCRIÇÃO**	**TEMPO**
	ABDUÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR ESQUERDO. ALCANCE DAS RAMAS. MÁQUINA COM CARGA MÁXIMA	≅ 1,5 s
	INCLINAÇÃO DO TRONCO PARA FRENTE. ALCANCE DE RAMAS EM LOCAL IMPROVISADO	≅ 1,0s
	INCLINAÇÃO DO TRONCO PARA FRENTE. VISUALIZAÇÃO E INTRODUAÇÃO DA RAMA NO BOCAL DE ALIMENTAÇÃO.	≅ 3,0s
	TORÇÃO DO TRONCO. VERIFICAÇÃO DA EFETIVAÇÃO DO PLANTIO	≅ 0,5s
	INCLINAÇÃO LATERAL DO TRONCO. ALCANCE DAS RAMAS COM CARGA MÍNIMA	≅ 1,5 s

5.2.7 Perfil e voz dos operadores: resultados da aplicação do diagrama de Corllet e Manenica

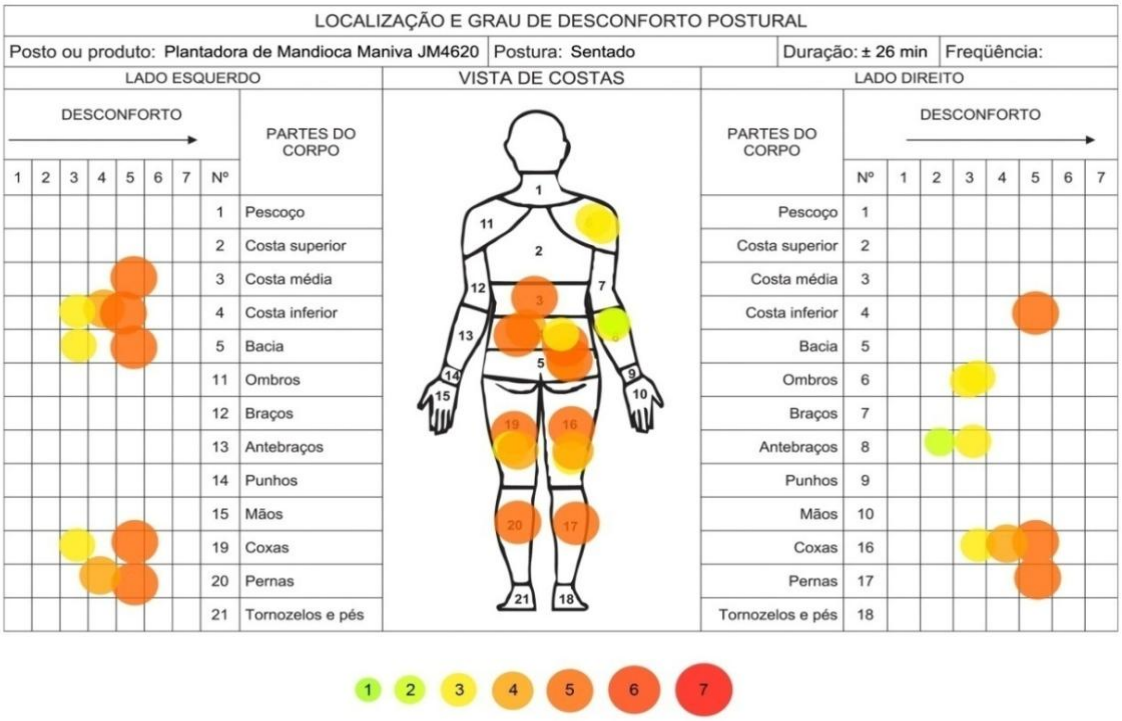
Com o intuito de se investigar possíveis desconfortos na operação da plantadora, aplicou-se o questionário modelo do diagrama de localização e grau de desconforto postural proposto por Corllet e Manenica (1980).

O diagrama foi aplicado juntamente com o questionário de corforto, abordado no tópico 5.2.8, utilizando-se os mesmos indíviduos para a coleta dos dados.

Previamente à aplicação do diagrama, todos os indivíduos foram orientados quanto a possíveis más interpretações no texto que pudessem ocasionar qualquer dúvida capaz a influenciar nos resultados; dessa maneira, o questionário foi integralmente lido pelo pesquisador. Vale ressaltar também que os mesmos questionários foram aplicados individualmente, a fim de que opiniões de terceiros não inferissem nos resultados.

Foi possível observar neste estudo uma distribuição dispersa dos apontamentos de desconfortos evidenciada principalmente nas regiões: vertebral, dorsal inferior, sacral, glútea femoral e crural, além de uma leve incidência de registros na região deltóidea e antebraquial, ambas no lado direito do corpo.

Figura 32 - Diagrama de Corllet e Manenica (1980). Somatória dos apontamentos dos 11 indivíduos entrevistados após operação da Plantadora de Mandioca.

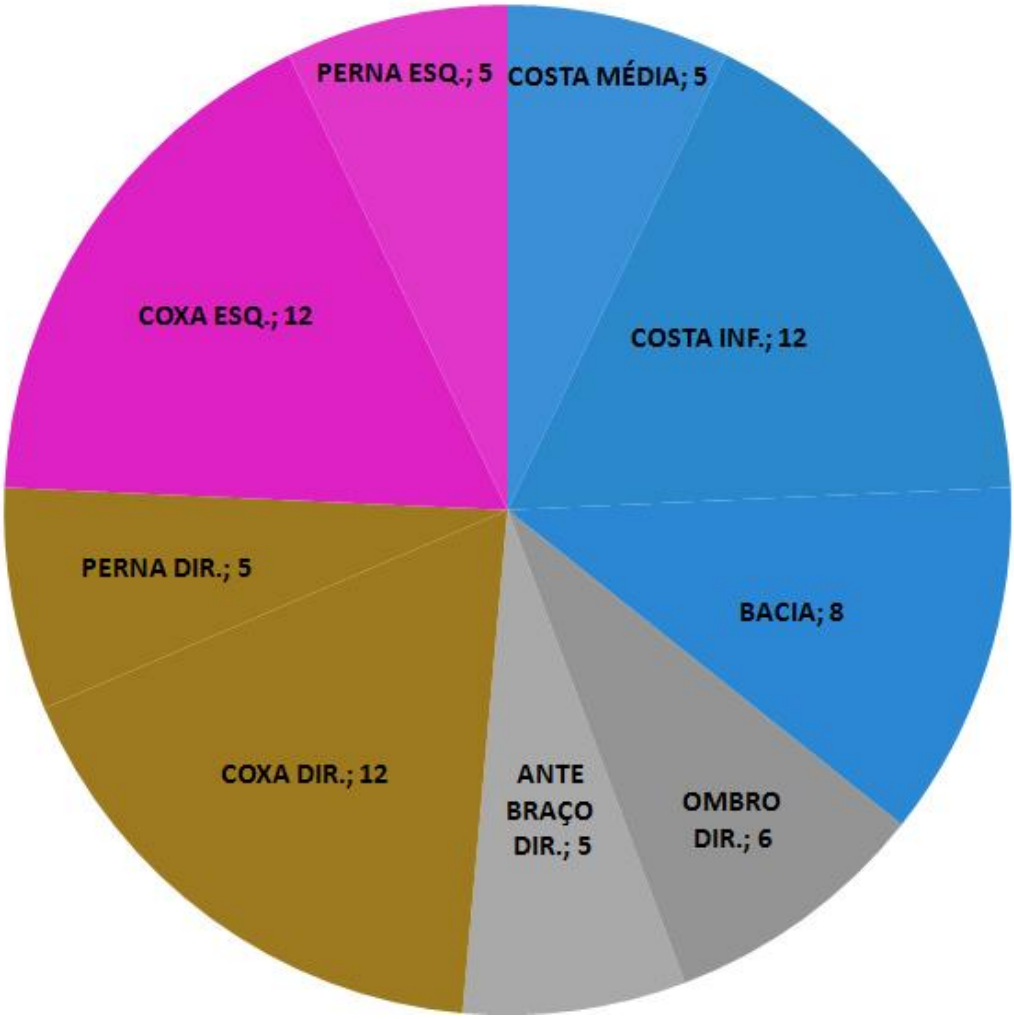


Fonte: adaptado (CORLETT; MANENICA, 1980)

Nenhum dos indivíduos indagados apontou desconforto que excederam ao grau 5. Níveis maiores de apontamentos de desconforto não ocorreram provavelmente devido ao período de tempo em que o operário foi submetido a permanecer na máquina com a referida postura. Contudo, níveis inferiores não devem ser considerados menos alarmantes.

Nota-se que a maior concentração de apontamentos de grau 5 e 4 se acumulou nas regiões vertebral, dorsal inferior, sacral e glútea.

Gráfico 2 - Ocorrência de apontamentos de dor/desconforto e seus níveis de intensidade na operação da máquina. Síntese dos resultados.



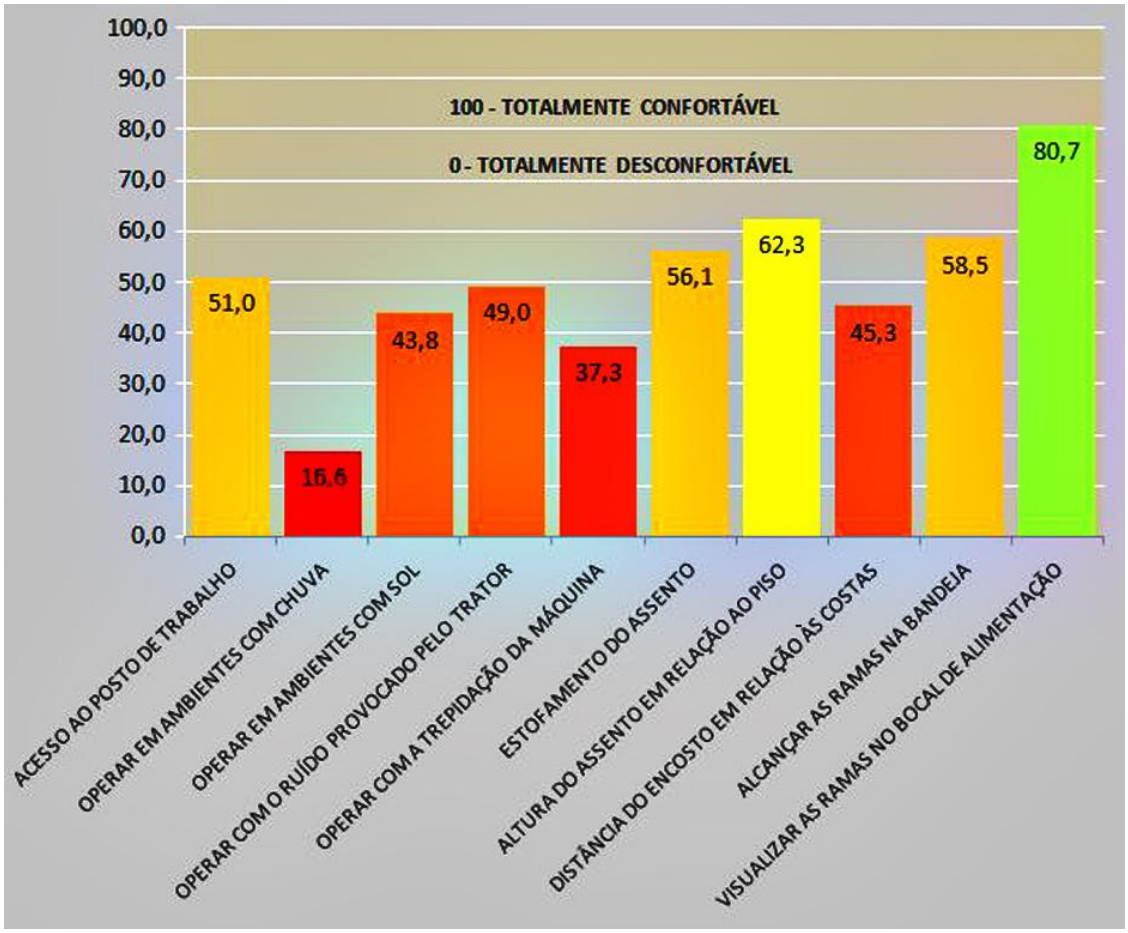
Realizando a síntese dos resultados, considerando a relação entre frequência de respostas e seus níveis de desconforto, verificou-se que, na operação da plantadora estudada, a incidência de apontamentos de desconforto postural foi maior na região das costas, representada no gráfico 2 pela região de cor azul. Dessa maneira, confirmam-se as indagações de Parnianpour et al. (1997), Schlosser e Debiasi (2002), Torén et al. (2002), Kroemer e Grandjean (2005) e Genz e Vilagra (2009), que afirmam que o trabalho na postura sentada se caracteriza numa posição típica para ocorrência de algias na região vertebral, torácica e dorsal.

5.2.8 Perfil e voz dos operadores: resultados da aplicação do questionário de conforto na utilização do equipamento

Com o objetivo de refinar informações sobre a usabilidade do

equipamento de modo a otimizar o processo de re-projetação, elaborou-se, ainda na fase de apreciação, um questionário sobre conforto na utilização da máquina. Dez perguntas foram apresentadas aos 11 indivíduos e todas as questões deveriam ser respondidas em escala de *Likert*, em que 0 ponto se referia a um grau totalmente desconfortável e 100 pontos a um totalmente confortável.

Gráfico 3 - Média das respostas dos 11 indivíduos entrevistados quanto à usabilidade da plantadora de mandioca.



Os resultados demonstraram que, na opinião dos usuários, operar em ambientes com chuva (16,6 pontos) consiste em uma situação muito desconfortável e, apesar do procedimento de plantio ser impraticável em ambientes chuvosos, os próprios trabalhadores afirmaram que há sempre o risco de serem "pegos de surpresa" por tempestades repentinas. Da mesma maneira, acham que o trabalho sob sol intenso também contribui para a execução de um trabalho sofrível (43,8 pontos).

Operar a máquina com trepidação também foi um dos fatores com baixa pontuação na média dos entrevistados (37,3 pontos), assim como houve baixa pontuação atribuída ao conforto do estofamento (56,1 pontos). O primeiro provavelmente ocasionado pela falta de um sistema de amortecimento nos assentos, o segundo sugere uma investigação mais profunda quanto à densidade da espuma de enchimento utilizada nos mesmos.

A distância do encosto do assento (espaldar) em relação às costas também foi outro item com baixa pontuação, conforme a média dos indagados (45,6 pontos), questão esta que provavelmente poderia ser amenizada com a inclusão de um sistema de regulagem, tendo em vista a considerável variabilidade da estatura e do peso declarada pelos indivíduos no quadro 4.

O ruído provocado pelo trator é outro fator que pouco agrada aos trabalhadores (49,0 pontos), porém o uso contínuo e adequado de protetores auriculares, praticamente, sanaria este problema.

O acesso ao posto de trabalho (51,0 pontos) juntamente com o ato de alcançar as ramas nas bandejas (58,5 pontos) também foram fatores com pontuação pouco satisfatória, sugerindo um novo rearranjo na localização de itens que contribuam para o fácil acesso à máquina e às ramas.

Os resultados, desse modo, puderam fornecer parâmetros para a etapa de projetação, principalmente no que se refere à adequação do assento às diferenças antropométricas e à permissão de variações posturais, como sugere Iida (2005).

5.2.9 Aplicação do método RULA utilizando *software* DMP

5.2.9.1 O método RULA

O método RULA foi desenvolvido por Lynn McAtamney e Nigel Corlett, em 1993, na Universidade de *Nottingham* (Reino Unido), para ser usado em investigações ergonômicas de postos de trabalho nos quais existe a possibilidade de desenvolvimento de doenças osteomusculares em membros superiores (MCATAMNEY; CORLETT, 1993). Ele utiliza, para tanto, diagramas de posturas do corpo e três tabelas que avaliam o nível de exposição a fatores de risco que incluem o número de movimentos, a postura estática, a força, a

postura de trabalho determinada por equipamentos, mobiliários, tempo de trabalho e pausa, sendo processado em três estágios, a saber:

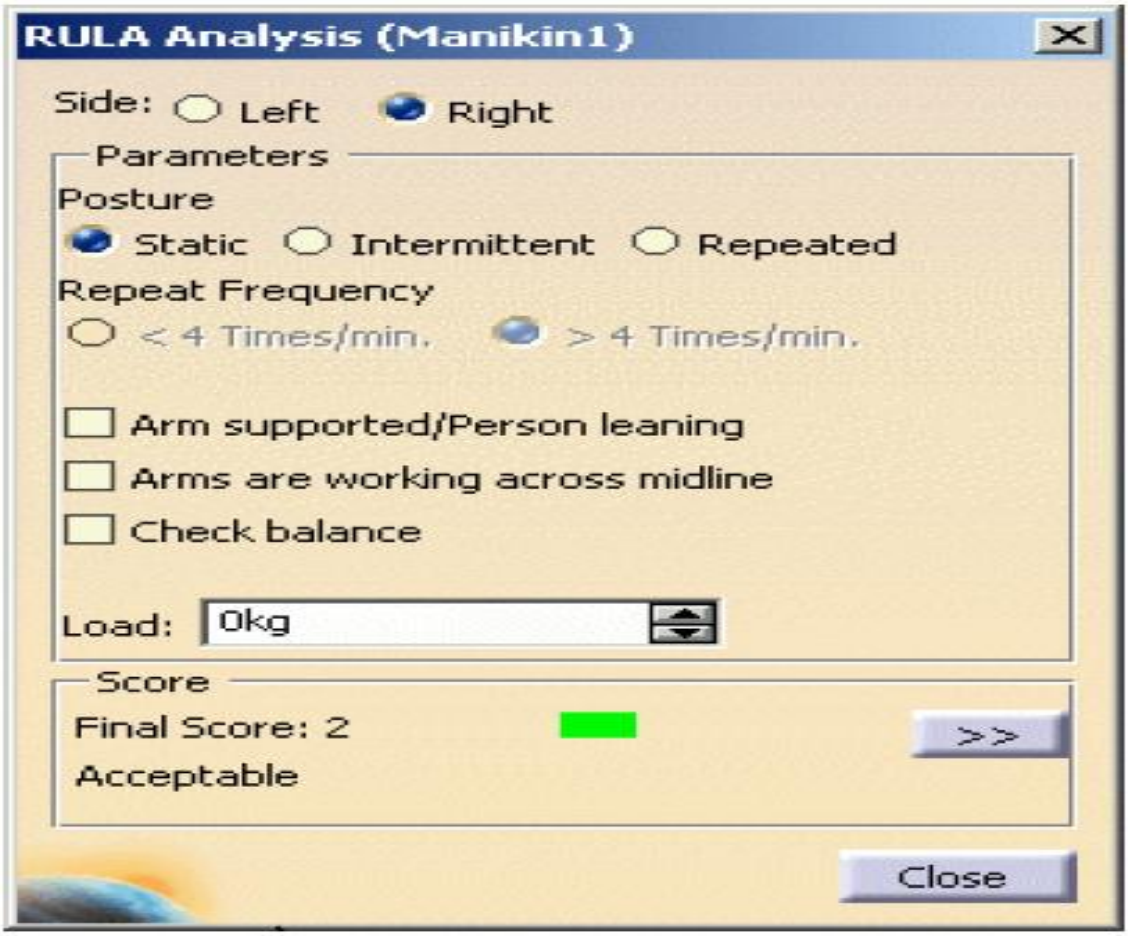
- identificação da postura de trabalho;

- aplicação de sistema de *escore*;

- aplicação de escala de níveis de risco.

A simulação do método RULA foi aplicada através da utilização de DHM's disponibilizados pela versão estudantil do *software* de DMP *Dassault Systèmes Delmia V5.* Este *software* utiliza-se deste método realizando automaticamente a contabilidade dos *scores* atingidos por cada membro do manequim DHM referente a cada postura assumida pelo mesmo, conforme apresentado em documento (anexo C e D).

Figura 33 - Caixa de diálogo RULA Analisys.



Fonte: (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

O *software* simula o método RULA e considera todos os fatores de risco que se combinam de maneira a proporcionar uma pontuação final que varia de 1 a 7, sendo:

- 1 e 2 (verde): indica que a postura é aceitável se não for mantida ou repetida por longos períodos de tempo.

- 3 e 4 (amarelo): indica que mais investigações e alterações podem ser necessárias.

- 5 e 6 (laranja): indica que a investigação e as mudanças são necessárias em breve.

- 7 (vermelho): indica que a investigação e as mudanças são necessárias imediatamente.

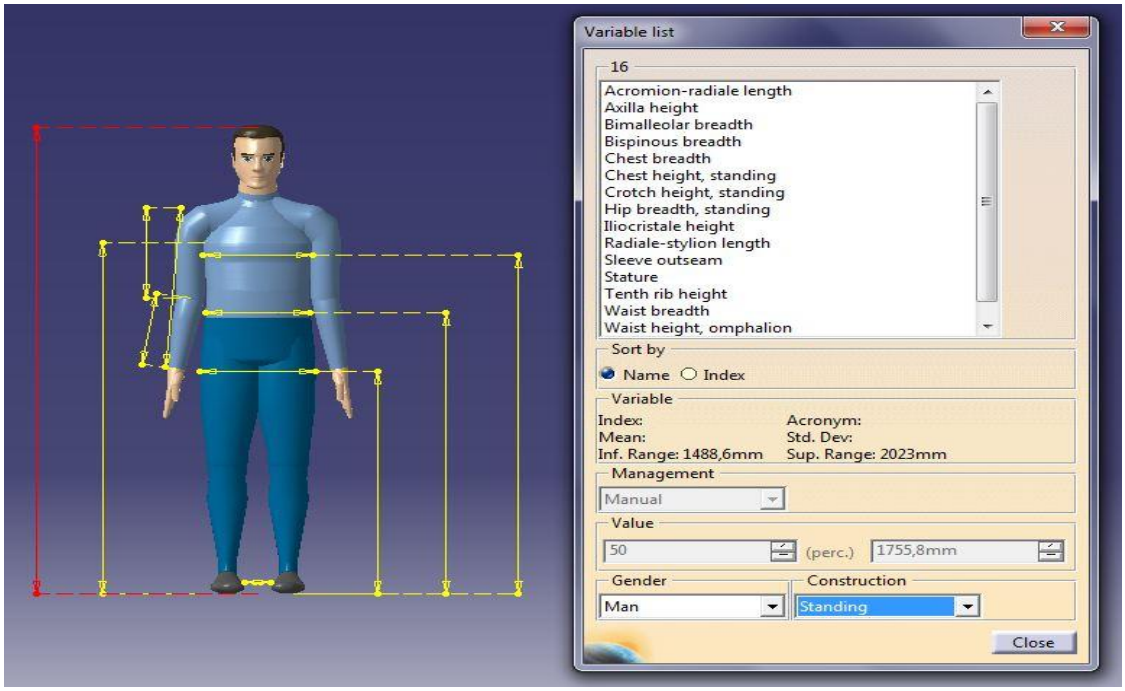
5.2.9.2 Construção da simulação utilizando o método RULA

Para construção desta simulação, utilizou-se de uma amostra de 11 indivíduos: os mesmos operadores indagados no tópico 5.2.5 (quadro 4). Partindo de suas estaturas e pesos, coletados em campo, foi possível, através de tabelas estatísticas (figura 2), realizar estimativas das dimensões de outros membros do corpo de cada indivíduo, conforme é demonstrado na figura 34, o que possibilitou a construção de DHM's próximos aos indivíduos reais.

Após a ajustagem dos DHM's às dimensões dos indivíduos reais, a próxima etapa consistiu na construção do ambiente virtual, interagindo manequins com o desenho em 3D da máquina.

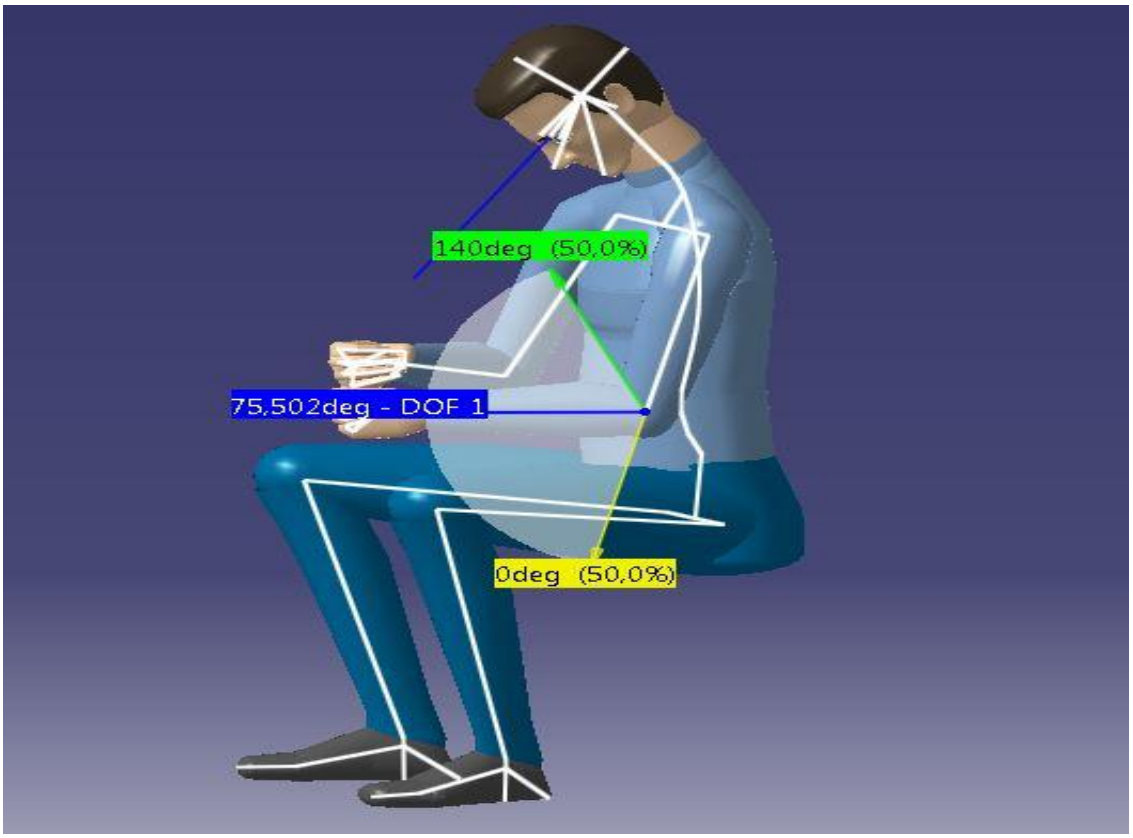
Importou-se o arquivo do desenho em 3D da máquina e da rama realizado na versão estudantil do *software* de CAD *Solidworks* 2012 para o *software* de DMP *Delmia* V5, que se utiliza de recursos da cinemática inversa em seus DHM's de modo a fazê-los mover os membros do manequim e considerar o movimento de todas as outras partes do corpo do modelo, como, por exemplo, a tarefa de alcançar um objeto virtual em determinada posição no espaço.

Figura 34 - Manequim virtual (DHM) e editor de dimensões.



Fonte: (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

Figura 35 - Ferramenta de edição de limitações angulares que se utiliza da cinemática inversa.



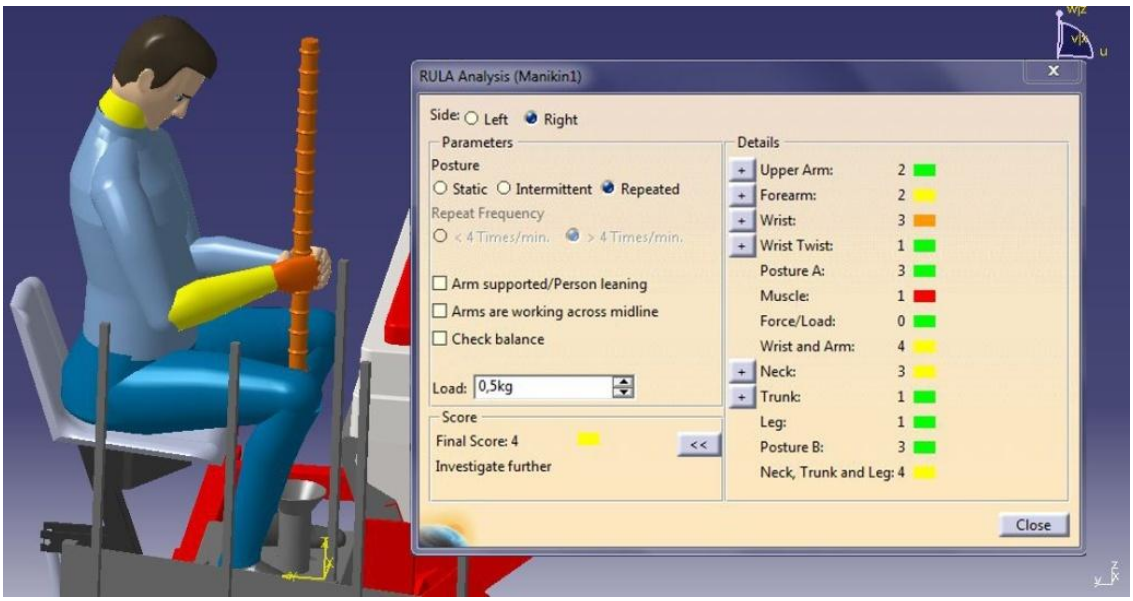
Fonte: (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

Deve-se ressaltar que a simulação do método foi aplicada com a máquina ajustada com o menor espaçamento entre linhas (80 cm), situação que tornaria a tarefa de alcance das bandejas mais sofrível, pois, nesta condição, elas se encontrariam mais distante do assento.

Baseando-se nas mais relevantes posturas assumidas durante o procedimento de plantio, evidenciadas no tópico 5.2.6, foram realizadas quatro análises referentes às quatro principais posturas assumidas na tarefa, conforme demonstrado a seguir:

1 - Visualização do bocal de alimentação e introdução das ramas (figura 36).

Figura 36 - Postura 1 - Introdução das ramas - Manequim virtual (DHM) e caixa de diálogo "RULA Analysis".

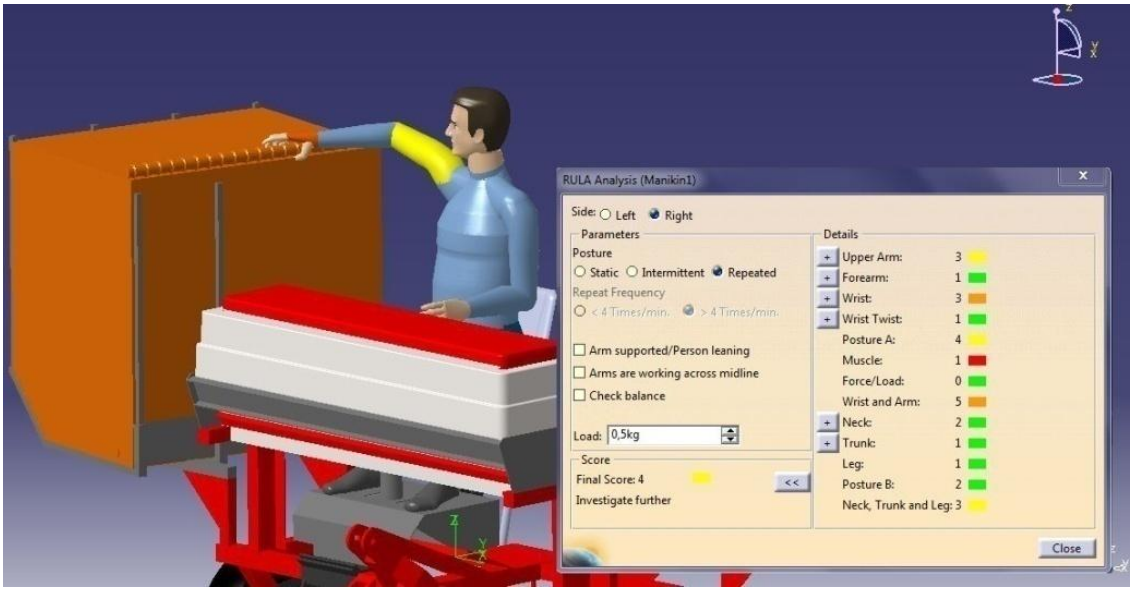


Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

2 - Alcance da rama na bandeja com sua capacidade no volume máximo (≅ 0,5 m³).

Nesta simulação, posicionou-se o modelo da rama na extremidade da bandeja, próxima ao manequim, como demonstra a figura 37.

Figura 37 - Postura 2 - Alcance das ramas com volume máximo - manequim virtual e caixa de diálogo "RULA Analysis".

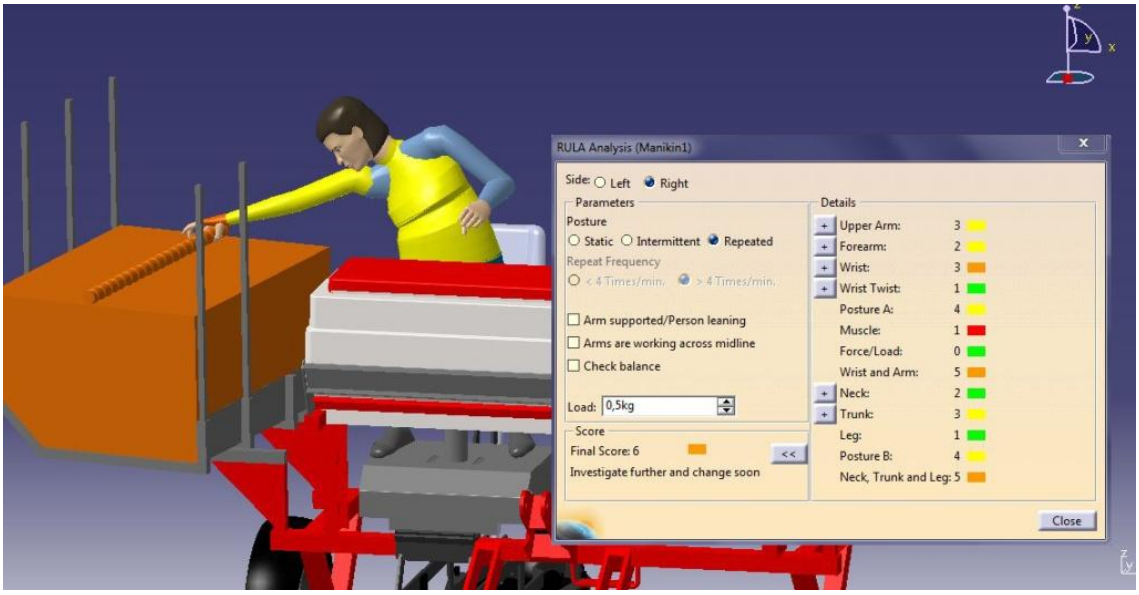


Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

3 - Alcance da rama na bandeja com metade da capacidade (≅ 0,25 m³).

Nesta simulação, o modelo da rama foi posicionado entre os "*fueiros"* de contenção da bandeja, a uma distância de 80 cm entre a rama e o plano médio do assento, como observado na figura 38.

Figura 38 - Postura 3 - Alcance das ramas com volume médio - manequim virtual e caixa de diálogo "RULA Analysis".

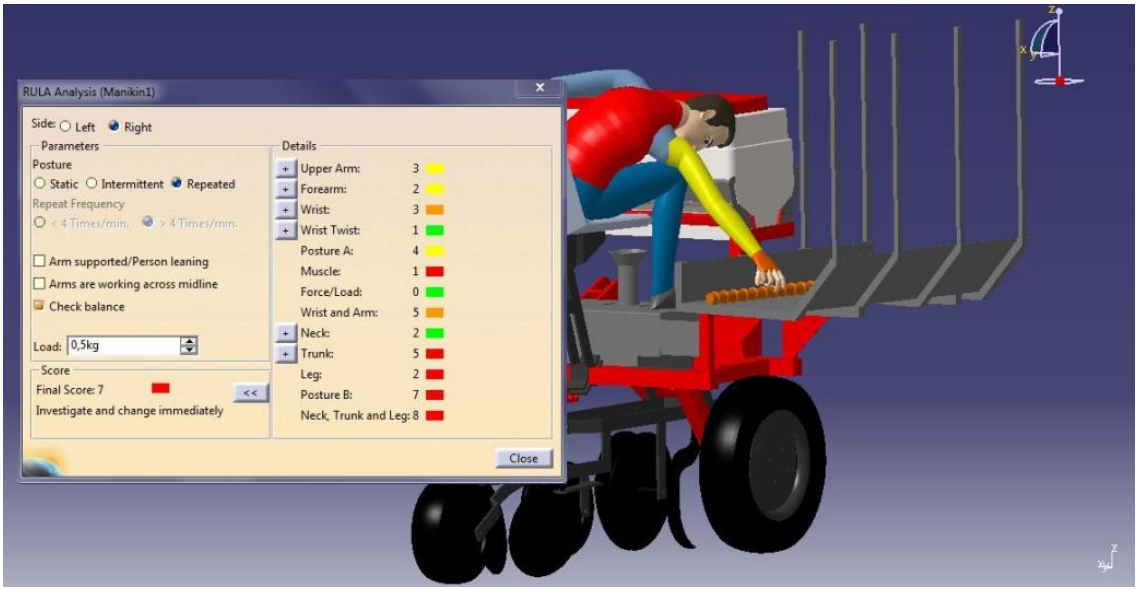


Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

4 - Alcance da rama na bandeja com capacidade mínima (≅ 0,05 m³).

Nesta última etapa, o modelo da rama foi posicionado o mais próximo possível do alcance do manequim avaliado, como mostra a figura 39.

Figura 39 - Postura 4 - Alcance das ramas com volume mínimo - Caixa de diálogo "RULA Analysis" e manequim virtual.



Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

5.2.10 Resultados da aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP

Os resultados dos quadros 6, 7, 8 e 9 demonstram, detalhadamente, as médias das pontuações (*scores*) específicas de cada membro do manequim avaliado de acordo com cada postura assumida. Os valores médios apresentados com caracteres decimais após a vírgula são apenas para dar precisão aos dados, sendo utilizados nos *scores* do método RULA apenas números inteiros.

Quadro 6 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura - Separar/introduzir ramas na Plantadora de Mandioca em função dos 11 manequins avaliados.

BRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2,1
ANTEBRAÇO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PULSO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3,1
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4,1
PESCOÇO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TRONCO	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9
PERNA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
POSTURA - B	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,9
PONTUAÇÃO FINAL	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA

O quadro 6 demonstra a pontuação específica de cada membro do corpo e suas referentes médias para a tarefa de separação, visualização e introdução das ramas no bocal de abastecimento da máquina.

Pode-se observar uma pontuação aceitável nos membros superiores, com exceção dos pulsos, que atingiram média "2". No campo "Músculos", a média "1" está relacionada aos movimentos repetitivos (segundo o método aplicado, mais de 4 movimentos por minuto).

A pontuação "2" atingida no campo "Perna" e "4,9" no campo "Pescoço, tronco e perna" está relacionada à considerável inclinação do tronco e do pescoço devido ao trabalho de visualização e introdução das ramas no "bocal de abastecimento" da máquina.

A média "5", obtida na pontuação final, sugere, segundo este método, investigar melhor a postura e alterá-la o mais breve possível.

Quadro 7 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade máxima de ramas na Plantadora em função dos 11 manequins avaliados.

BRAÇO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ANTEBRAÇO	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1,3
PULSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PESCOÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRONCO	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1,5
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	2	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	2,5
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	3	5	3	3	6	3	3	5	3	3	3	3,6
PONTUAÇÃO FINAL	4	6	4	4	6	4	4	6	4	4	4	4,5
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA

O quadro 7 demonstra a pontuação específica de cada membro e suas referentes médias para a tarefa de alcance das ramas com a "bandeja" totalmente cheia (≅ 0,5 m³).

Observa-se, no campo "braço", mudança de pontuação de "2,1" para "3" devido à abdução (braço) e leve extensão (antebraço) que o conjunto realiza para alcançar as ramas. O mesmo pode-se relatar para o campo "pulso", no qual se identificou ligeiras posições de torção. O campo "músculos" novamente permanece com a pontuação "1", em razão dos movimentos repetitivos.

A média "5" obtida no campo "Braço e Punho" é resultado da posição estendida do conjunto "braço, antebraço e punho". A postura do conjunto "pescoço, tronco e perna" resultou em média "3,6" e merece maior investigação. É provável que uma das justificativas estaria vinculada à falta de regulagem nos assentos da máquina, o que poderia deixar as pernas flexionadas, dependendo da estatura do indivíduo.

A média dos *scores* finais para esta postura resultou na pontuação "4,5", havendo, portanto, a necessidade de maior investigação e uma breve alteração do posto de trabalho.

Quadro 8 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade média de ramas na plantadora em função dos 11 manequins avaliados.

BRAÇO	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3,1
ANTEBRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PULSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PESCOÇO	2	2	2	2	2	6	2	2	2	2	5	2,6
TRONCO	5	3	3	2	4	2	3	3	3	2	3	3
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	6	4	4	2	5	8	4	4	4	2	7	4,5
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	7	5	5	3	6	9	5	5	5	3	8	5,5
PONTUAÇÃO FINAL	7	6	6	4	7	7	6	6	6	4	7	6
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA

O quadro 8 expõe o *score* específico de cada membro e suas referentes médias para a tarefa de alcance das ramas com a metade da capacidade da "bandeja" (≅ 0,25 m³).

Observam-se, novamente, médias entre "3,1" e "2" para o conjunto "braço, antebraço e pulsos" devido à maior amplitude de deslocamento desses membros em alcançar a matéria-prima na bandeja, que não possui regulagem que possibilite aproximar o sistema ao operador. A média final "5", referente à postura dos membros superiores (campo "braço e punho"), exige atenção.

A média "5,5" no campo "pescoço, tronco e perna" é resultado de uma relevante inclinação do conjunto "pescoço, tronco e pernas" tanto em direção ao plano sagital quanto para o frontal.

Nesta posição, a média dos *scores* finais chega ao nível "6" e, segundo o método RULA, exige rápida modificação da postura.

Quadro 9 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade mínima de ramas na plantadora em função dos 11 manequins avaliados.

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA
BRAÇO	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3,1
ANTEBRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PULSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3,9
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4,9
PESCOÇO	2	2	2	5	2	6	2	2	6	2	5	3,3
TRONCO	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4,6
PERNA	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1,5
POSTURA - B	5	7	7	8	7	8	6	6	9	5	8	6,9
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	6	8	8	9	8	9	7	7	10	6	9	7,9
PONTUAÇÃO FINAL	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6,9

O quadro 9 demonstra a média das pontuações específicas de cada membro para a tarefa de alcance das ramas com capacidade mínima da "bandeja" (≅ 0,05 m³).

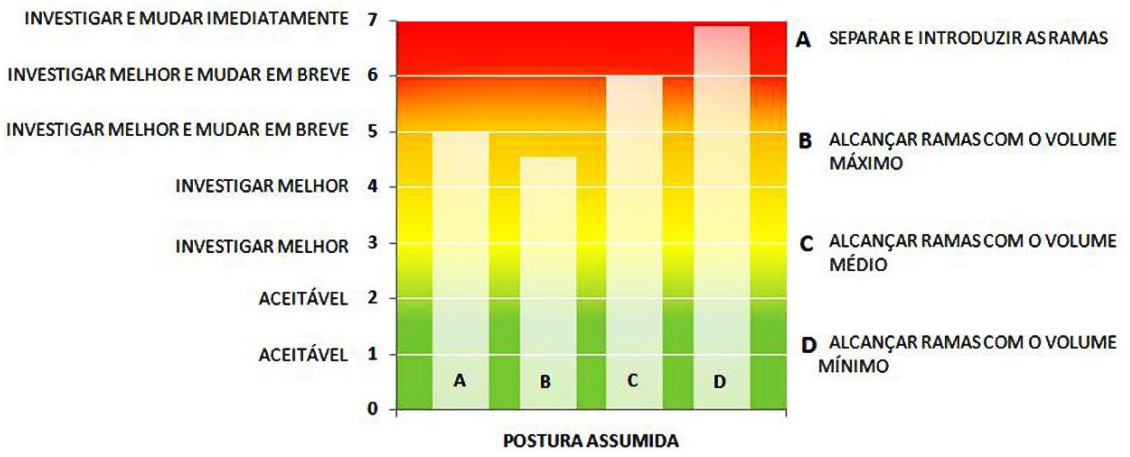
É importante ressaltar que, nesta postura, alguns manequins não conseguiram alcançar o modelo da rama no local posicionado, sendo que os modelos que alcançaram exigiram considerável extensão do conjunto "braço e punho", obtendo a média de pontuação "4,9".

O conjunto "Postura B" recebeu média próxima a "7" (pontuação máxima do método). Isso se explica devido à total contração do abdômen, flexão e lateralização das regiões cervical, torácica e lombar, ocasionando, em alguns manequins, o desbalanceamento do modelo em relação ao plano médio. Nessas condições, a média das posturas dos manequins no campo "pescoço, tronco e perna" recebeu pontuação "7,9".

Novamente, deve-se salientar que a falta de um mecanismo de regulagem no sistema da bandeja porta-ramas faz com que o operador tenha dificuldade em alcançar a matéria-prima em determinadas regiões da bandeja, tornando a tarefa sofrível.

A combinação das posturas dos conjuntos "braço e punho" com a composição "pescoço, tronco e perna" resultou em um *score* de média "6,9", o que exige, segundo o método aplicado, modificação imediata.

Gráfico 4 - Pontuação média (RULA) das principais posturas assumidas na Plantadora de Mandioca - desenho atual.



Após a verificação da postura utilizando o método RULA contido no *software* DMP *Delmia* V5, constatou-se que todas as posturas analisadas ultrapassaram a pontuação "4". Como se pode visualizar no gráfico 4, a postura de alcançar as ramas no volume máximo da máquina (B) representa a menos sofrível das analisadas; no entanto, ela excede ao *score* "4", pontuação do método que exige maior investigação e uma breve alteração.

A postura de alcance das ramas com o volume mínimo das bandejas, representada no gráfico 4 pela letra (D), aproxima-se do *escore* "7", nível que exige investigação e alteração imediata da postura analisada.

Concluiu-se que a aplicação do método RULA em *software* gráfico, utilizando-se de ambientes e manequins virtuais construídos através de dados estimados em amostras retiradas de indivíduos reais, apresentou resultados consistentes, se comparados aos resultados do diagrama de Corllet e Manenica (1980) aplicado em campo. Apesar de serem métodos distintos, ambos apresentaram resultados que evidenciaram problemas de desconforto nas regiões dorsal, vertebral, sacral e glútea.

5.2.11 Recomendações ergonômicas do sistema homem-tarefa-máquina

O processo de diagnose permitiu 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.

A adequação do assento às diferenças antropométricas e a permissão de variações posturais são indispensáveis na busca de melhorias, pois podem prevenir possíveis desconfortos de ordem postural apontados neste trabalho.

A tarefa de alcance das ramas na bandeja e inserção das mesmas no bocal, bem como o acesso ao posto de trabalho, são fatores que devem ser considerados na etapa projetiva, uma vez que podem ser redesenhados de uma maneira mais adaptada à variabilidade dos usuários.

A trepidação da máquina, bem como o estofamento do assento também são itens a serem considerados na etapa de projetação, no sentido de que se investiguem sistemas de amortecimento e diferentes materiais absorventes de impactos, evidentemente considerando os custos financeiros, permitindo, assim, que se proporcione viabilidade ao projeto.

Outro aspecto a ser considerado na projetação é a ausência de uma cobertura contra os fortes raios solares emitidos, bem como repentinas chuvas no ambiente laboral, fato este verificado através da unanimidade das respostas quanto ao uso de proteções contra riscos naturais.

Por fim, as queixas dos indivíduos quanto aos ruídos somadas à inobservância da utilização de proteção auricular, respiratória e cinto de segurança demonstram que somente a conscientização quanto ao uso de EPI's poderá amenizar esses problemas. É recomendado que essas informações, ainda que se afastem do escopo principal deste estudo, sejam levadas à equipe de assistência técnica da empresa fabricante de forma que se adote, por exemplo, melhorias em seus procedimentos de entrega técnica de equipamento, instruindo de forma mais incisiva sobre condutas de uma correta utilização do produto.

Com a participação de profissionais desenvolvedores do implemento (vendedores, engenheiros, projetistas e pessoal da assistência técnica), construiu-se uma matriz de GUT (Gravidade, Urgência, Tendência). Segundo

Grimaldi e Mancuso (1994), essa técnica foi desenvolvida com o objetivo de orientar decisões mais complexas ou decisões que envolvem muitas questões. Os resultados da matriz foram úteis para que se hierarquizassem os problemas de modo a orientar a etapa de projetação.

Quadro 10 - Priorização dos problemas evidenciados na utilização da plantadora em estudo através da técnica GUT (Gravidade, Urgência, Tendência).

GUT - GRAVIDADE, URGÊNCIA, TENDÊNCIA				
PROBLEMAS	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GxUxT
OPERAR EM AMBIENTES COM SOL	5	5	4	100
ALCANÇAR AS RAMAS NA BANDEJA	4	4	3	48
ALTURA DO ASSENTO EM RELAÇÃO AO PISO	3	3	3	27
VISUALIZAR RAMAS NO BOCAL DE ALIMENTAÇÃO	3	3	3	27
OPERAR COM O RUÍDO DO TRATOR	3	3	2	18
OPERAR EM AMBIENTES COM CHUVA	2	3	2	12
OPERAR COM A TREPIDAÇÃO DA MÁQUINA	3	2	2	12
DISTÂNCIA DO ESCOSTO EM RELAÇÃO ÀS COSTAS	3	2	2	12
ESTOFAMENTO DO ASSENTO	2	2	2	8
ACESSO AO POSTO DE TRABALHO	2	1	2	4

5.3 Projetação ergonômica

Segundo Moraes e Mont'alvão (2009), esta etapa se resume na adaptação do posto de trabalho às características físicas, psíquicas e cognitivas do operador.

A fase de projetação buscou o estudo da adaptação do equipamento em nível de concepção, de modo a adequá-lo às características físicas de seus utilizadores.

O processo de diagnose permitiu aprofundar alguns assuntos priorizados na etapa de apreciação, bem como realizar a confirmação das hipóteses relacionadas principalmente a problemas interfaciais e acionais. Questões de ordem física – ambiental, natural e operacional, identificados nas etapas anteriores, deverão ser repassadas para setores de pós-venda e assistência técnica a fim de que estes busquem promover ações no sentido de reformular práticas instrucionais quanto ao uso de EPI's e à segura utilização do equipamento.

Para o processo de redesenho do produto, foram feitas duas relevantes visitas à empresa fabricante após o processo de diagnose, para que se pudessem repassar a ela informações colhidas em campo.

É importante ressaltar que, desde o início deste estudo, o grupo de pesquisa sempre manteve estreita relação com profissionais da empresa fabricante, estes que assumiam funções consonantes ao tema estudado. O grupo de profissionais era composto por: um engenheiro responsável pelo setor de projetos, um engenheiro responsável pelo setor de validação de produtos e um engenheiro de segurança do trabalho, este último responsável pela segurança das máquinas e da empresa em geral. Logo, as opiniões desses experientes profissionais puderam nortear o andamento dessa etapa, visto que também se levou em consideração custos de produção, materiais e processos tecnológicos disponíveis. Ainda que tratados neste estudo de maneira superficial, tais aspectos foram de fundamental importância para que o conceito final pudesse resultar em um projeto comercialmente viável.

A etapa de projetação respeitou os critérios de priorização apresentados no quadro 10.

5.3.1 Criação de uma cobertura

Uma situação no mínimo discrepante foi a de presenciar, em campo, uma atividade em que um dos indivíduos operava um trator sob uma cobertura, ao passo que dois operadores, embarcados na plantadora, trabalhavam expostos às adversas condições climáticas do campo. Dessa maneira, foi de essencial conveniência a inclusão de uma cobertura para o implemento em estudo.

De modo a simplificar o processo de desenvolvimento de uma nova cobertura, foi feita uma prévia pesquisa de produtos similares encontrados no mercado, para que só então se apontasse uma ideia final.

Encontrou-se nos sombreadores residenciais, assim chamadas comercialmente essas coberturas construídas em estrutura tubular de aço e tecido em polietileno, uma possível solução de adaptação na plantadora em estudo.

Figura 40 - Módulos de sombreadores fabricados em tela de polietileno de alta densidade.



Fonte: (ALTEC, 2013)

O tecido aplicado nesse tipo de cobertura é idêntico ao utilizado para o cultivo de mudas no setor agrícola. Sua composição caracteriza-se de microfios de polietileno de alta densidade e, segundo catálogos técnicos disponibilizados pelos fabricantes, esse material pode, dependendo de sua cor, absorver em até 80% a luz solar. Ademais, possui relativa resistência mecânica e, em alguns produtos encontrados no mercado, recebem tratamento contra os raios ultravioleta.

Figura 41 - Cobertura arquitetônica construída em polietileno de alta densidade com tratamento UV.



Fonte: (AMC, 2013).

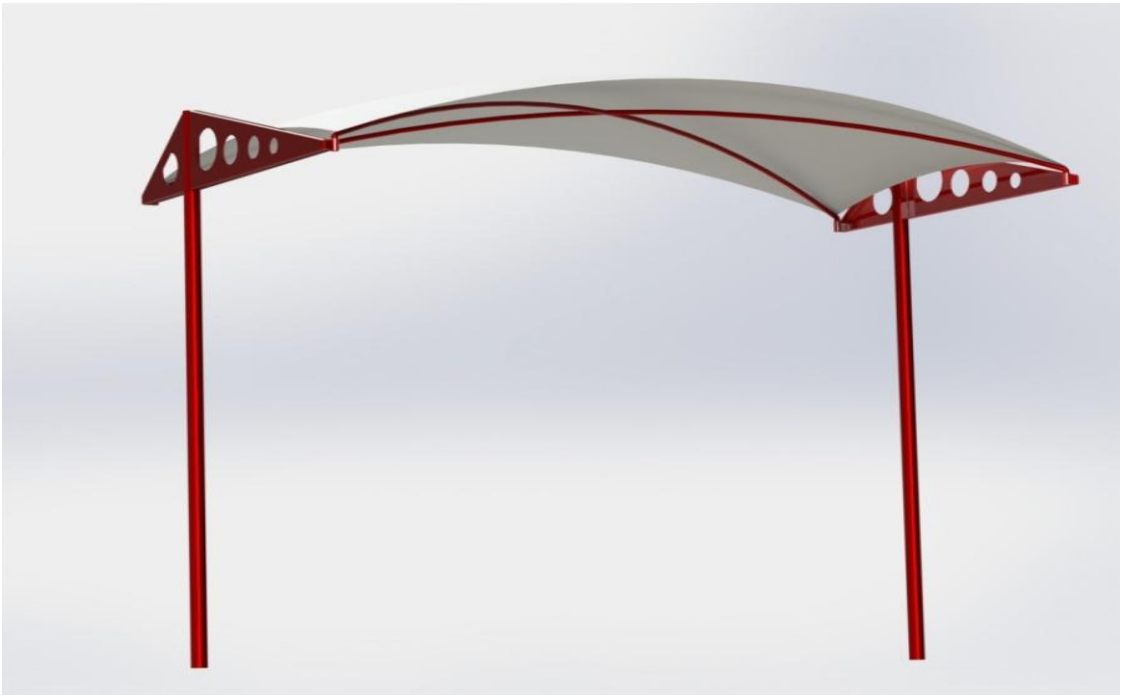
Segundo consulta em páginas eletrônicas de alguns fabricantes, essa tecnologia pode ser usada em aplicações automotivas, galpões industriais, áreas recreativas, piscinas, espaços ao ar livre, quadras poliesportivas, jardins, etc. Portando, a utilização desse sistema seria facilmente adaptável na máquina em estudo.

Figura 42 - *Sketches* iniciais de cobertura da plantadora.



Uma das questões que foi motivo de atenção na etapa de concepção estava relacionada ao peso final do equipamento, que deveria se manter num limite mínimo para que pudesse ser tracionado por um trator com potência mínima de 60 cv.

Figura 43 - Conceito final da cobertura da plantadora - Peso de ≅ 14 Kg.



Visando à adequação aos processos de fabricação disponíveis na empresa, decidiu-se usar o aço carbono ABNT 1020 para a confecção da estrutura, utilizando-se tubos, chapas e o tecido em polietileno de alta densidade para cobertura.

Com a utilização desses materiais, estimou-se um peso final de aproximadamente 14 kg.

5.3.2 Redesenho do envoltório de alcance

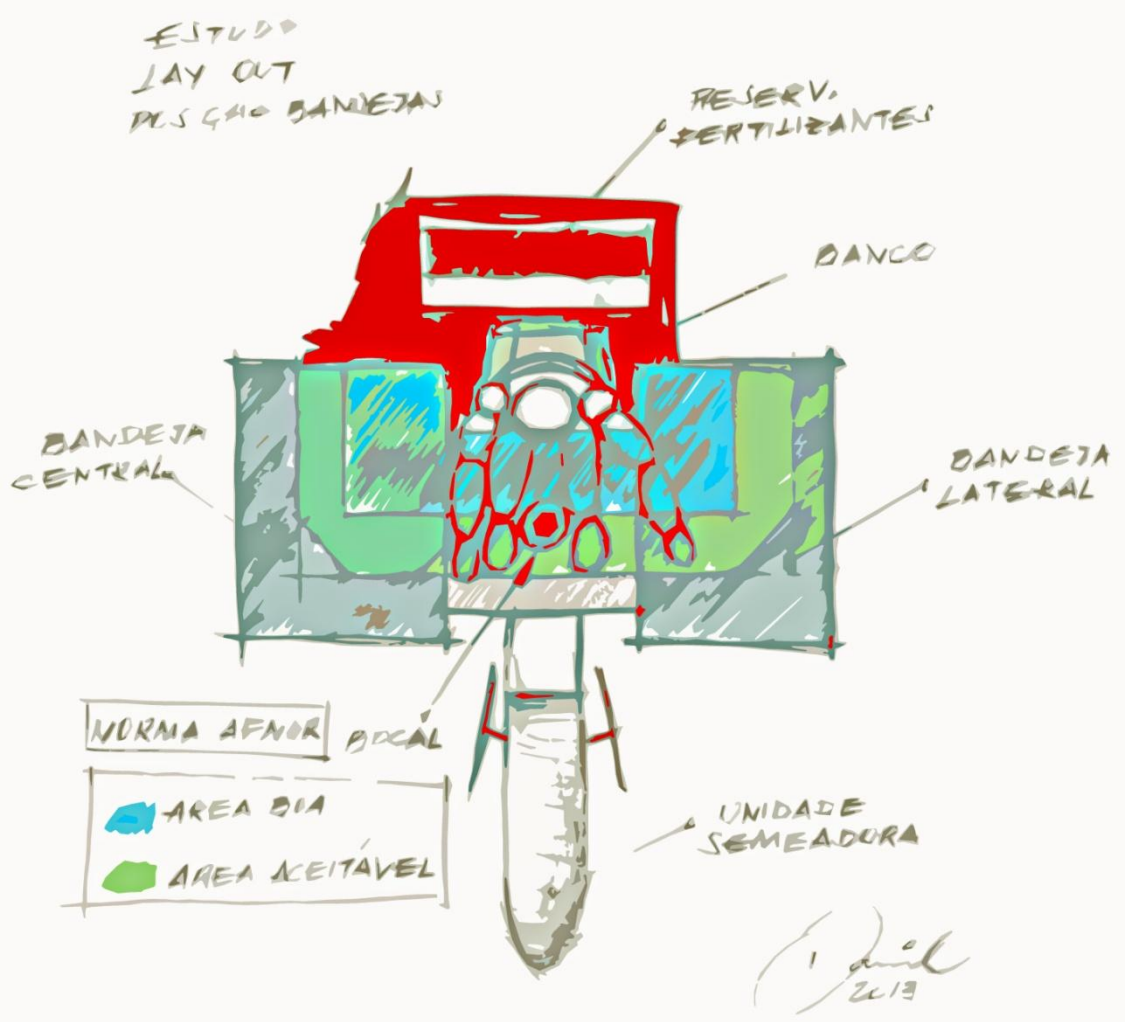
Constatou-se nos tópicos 5.2.2 e 5.2.10 que o envoltório de alcance à bandeja porta-ramas é falho. Sua ausência de regulagens impossibilita que grande parte de indivíduos, com proporções antropométricas médias, alcance as ramas com certa comodidade.

A tarefa de projetar o redesenho do envoltório de alcance foi a mais complexa, pois qualquer alteração precipitada poderia influir em outros mecanismos do equipamento, principalmente no que se refere ao sistema de corte das ramas e à distribuição de adubo, sistemas estes que necessitaram ser mantidos da mesma forma em que foram concebidos. Sendo assim, cada decisão foi avaliada minuciosamente para que houvesse o mínimo de interferência nos mecanismos supracitados.

A etapa de diagnose, ocorrida parcialmente em campo, foi fundamental para que se obtivessem informações minuciosas que pudessem ser utilizadas na concepção de um novo projeto.

O simples ato de os indivíduos operadores da plantadora efetuarem movimentos para trás, de modo a realizar a verificação do plantio, como apresentado na figura 30, fez com que o grupo sugerisse a inversão da posição dos operadores na referida máquina. Apesar dessa proposta aparentar um tanto quanto insensata, foi observado durante esta pesquisa que, em algumas plantadoras com funções semelhantes, a posição dos operadores era no sentido contrário ao do tratorista. Caso a proposta funcionasse, seria possível eliminar o incômodo movimento de torção do tronco e do pescoço.

Figura 44 - Estudo de *Layout* utilizando-se como referência a norma AFNOR-X-35-104.



Uma das alterações que deveriam ser realizadas com a inversão do posicionamento dos operadores na máquina seria a mudança de posicionamento do reservatório de fertilizantes, o qual deveria ocupar uma posição mais à frente do implemento. Caso essa alteração fosse mantida, o grupo teria um grande inconveniente, pois a peça iria interferir diretamente no sistema de engate de três pontos do implemento. Esta situação fez com que o grupo tivesse a ideia de dividir o reservatório em dois módulos que, somados, obteriam a mesma capacidade em volume do reservatório atual. Dessa forma, seria possível manter o sistema de distribuição e, ao mesmo tempo, proporcionar espaço suficiente para o sistema de engate da máquina.

Figura 45 - *Sketch* do novo reservatório de adubo. Materiais: aço carbono e polietileno.

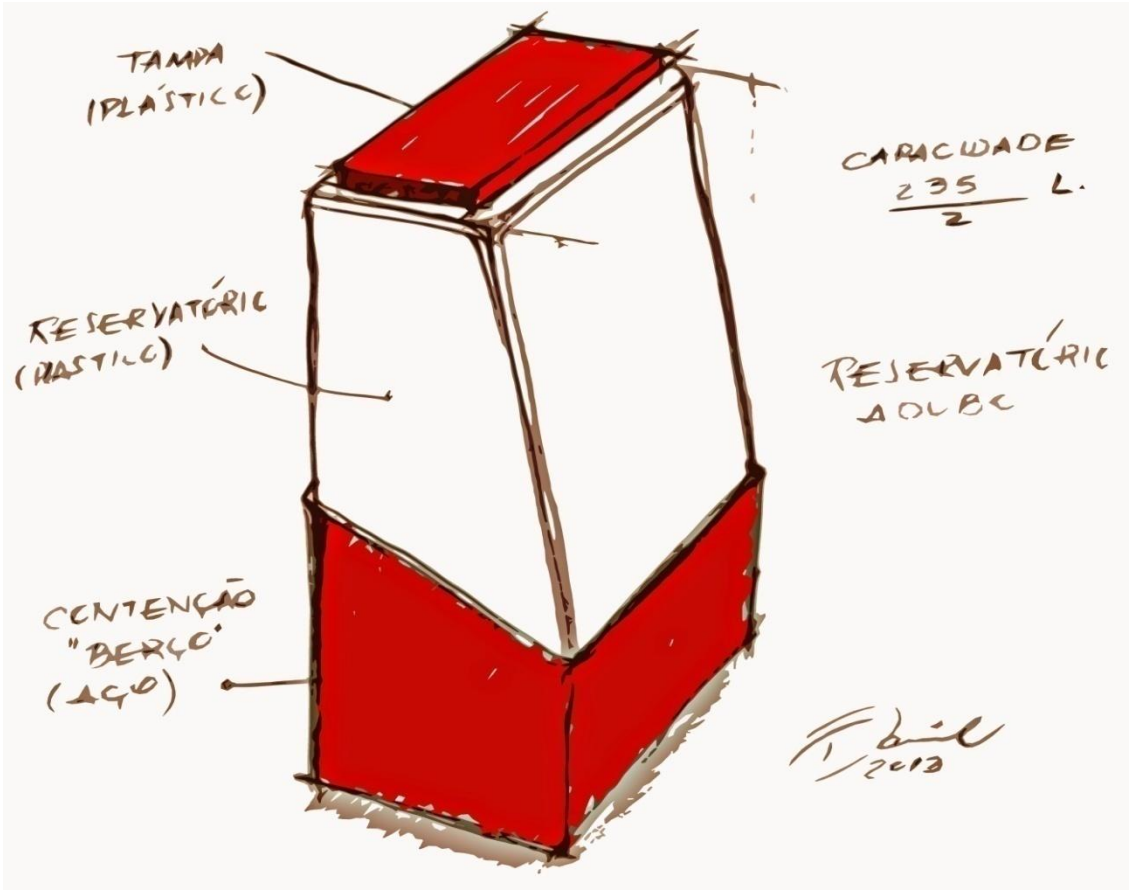
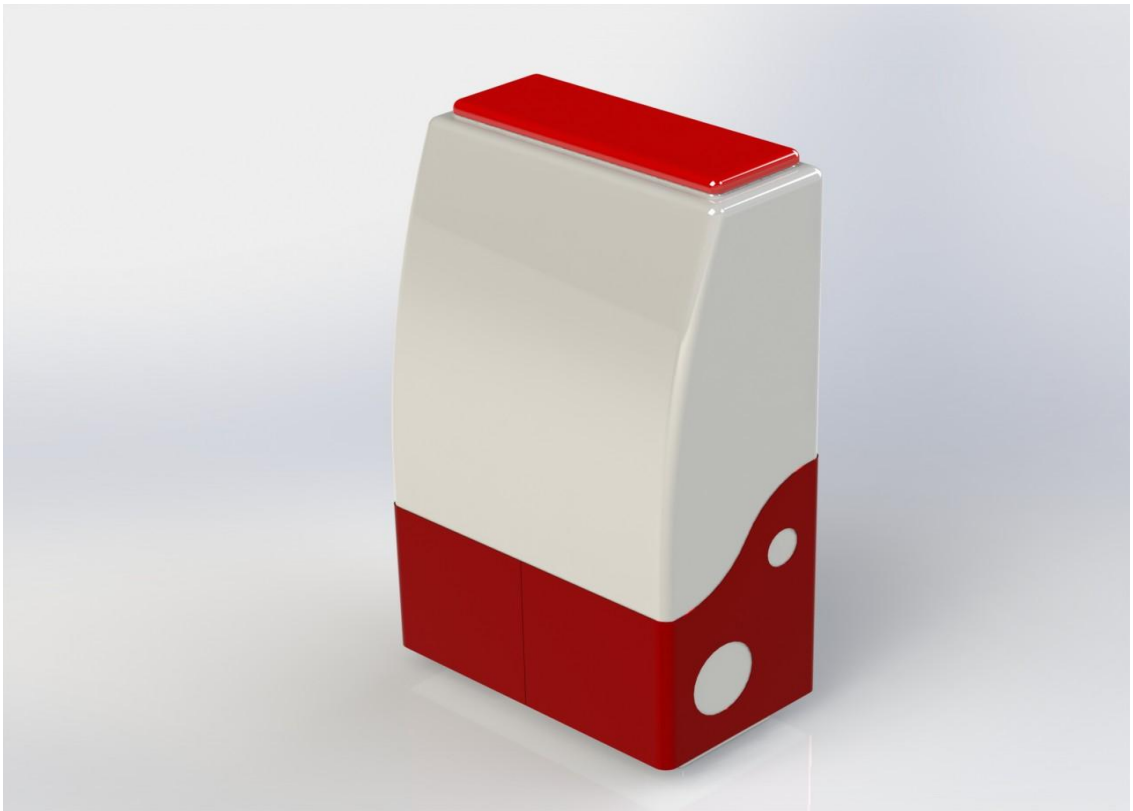


Figura 46 - Conceito final do reservatório de adubo da plantadora. Capacidade 118 L.



Os materiais utilizados para a fabricação dos reservatórios de adubo seriam constituídos de chapas dobradas em aço carbono ABNT 1020, para a concepção das bases de contenção, popularmente chamadas de "berços", e de polietileno, para a construção dos corpos e tampas, estes concebidos através do processo de rotomoldagem, uma tecnologia disponível na empresa.

5.3.3 Redesenho das bandejas

A visita a campo na etapa de diagnose permitiu que o grupo obtivesse outra importante informação para a concepção do redesenho do implemento. Notou-se que, durante o procedimento de plantio, o espaço livre disponível entre os dois operadores era utilizado improvisadamente para armazenagem de mais ramas, de modo a aumentar a capacidade de carga da máquina, como pôde ser observado na figura 27.

Este procedimento fez com que surgisse a ideia de utilizar este espaço para elaboração de uma bandeja porta-ramas central. A concretização dessa proposta seria de fundamental importância para um procedimento mais cômodo aos operadores, pois eles poderiam executar a tarefa de alcance utilizando-se dos dois braços, alternando, assim, os movimentos dos grupos musculares de ambos os braços.

Um dos grandes desafios a esta questão estava ligado ao fato de que os espaçamentos entre as linhas de plantio do implemento variam de acordo com a opção dos agricultores, como demonstra a figura 19. Desse modo, a bandeja central deveria possuir um sistema que "acompanhasse" esta variação.

A alternativa encontrada foi a de criar uma bandeja provida de grade articulável de forma a deslocar-se juntamente com todo o sistema restante (fiura 47). Essa proposta permitiria um arranjo retrátil, possibilitando o funcionamento independente de qual fosse o espaçamento adotado entre as linhas.

Figura 47 - *Sketches* da bandeja central da plantadora.

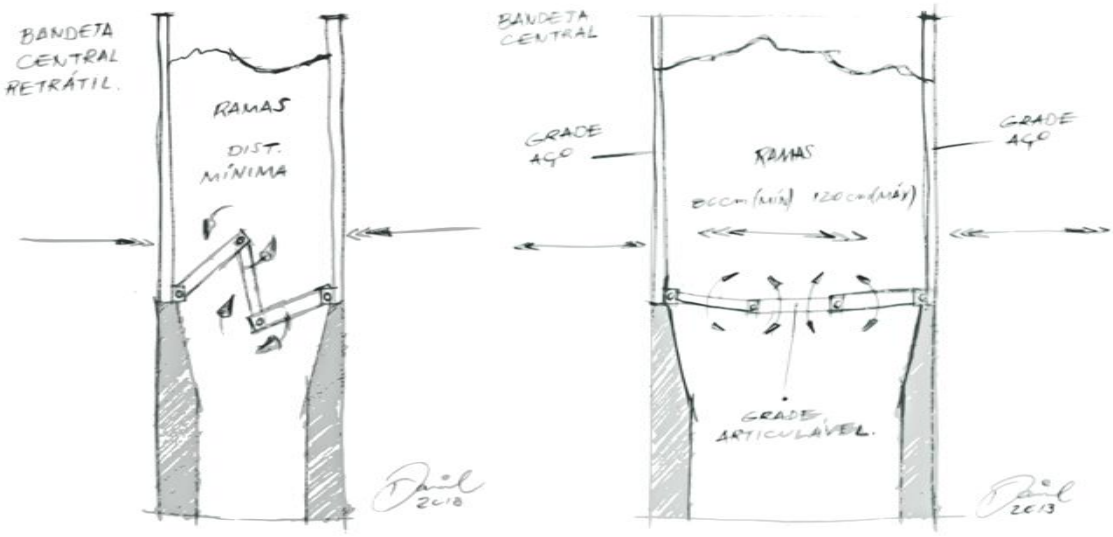
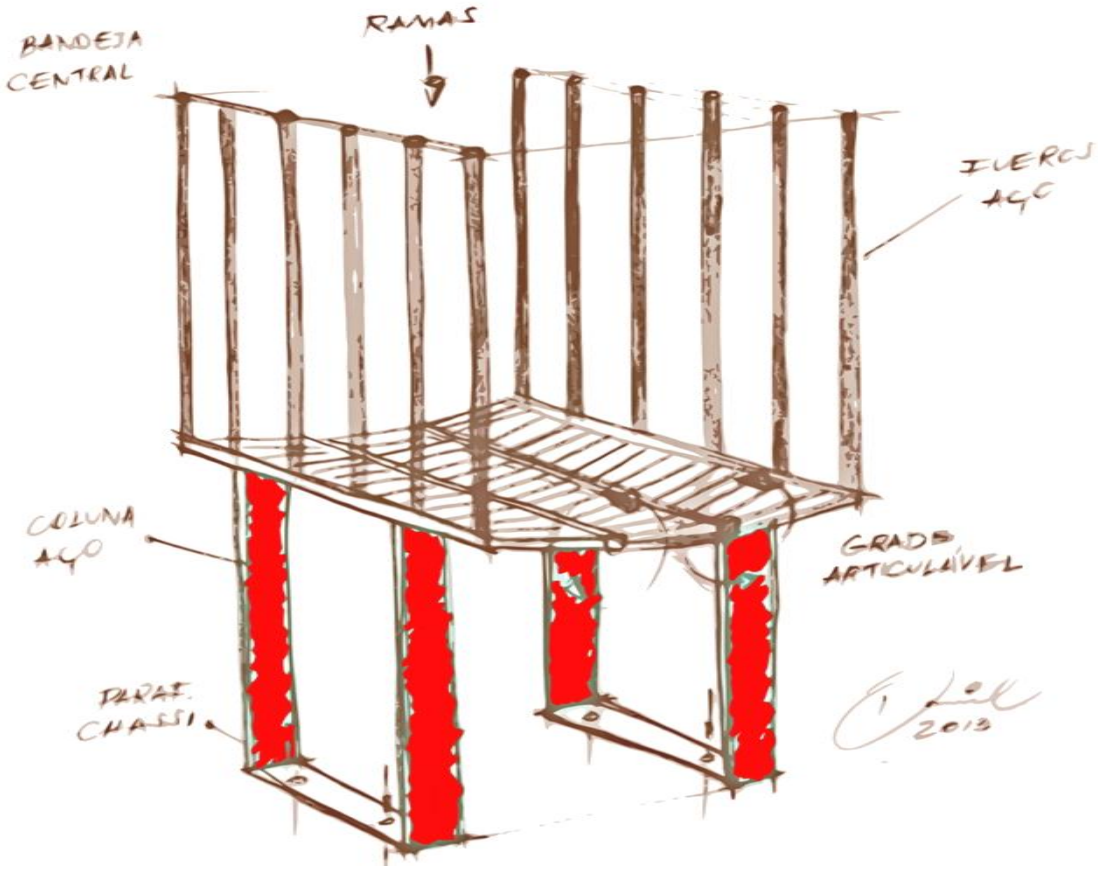


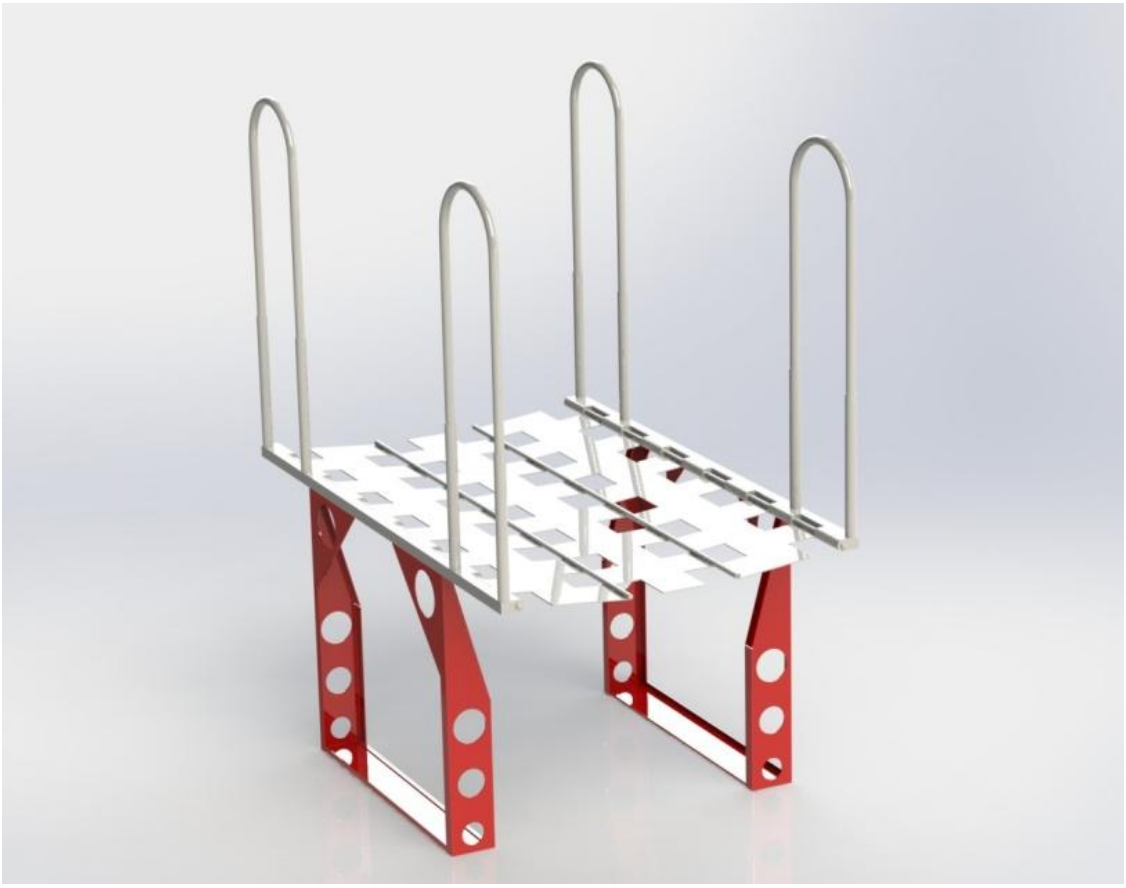
Figura 48 - *Sketch* da bandeja central em perspectiva.



Esta peça seria totalmente confeccionada em chapas de aço carbono ABNT 1020, com 2 mm de espessura. Seu processo dar-se-ia por corte a laser e dobragem, tecnologias também disponíveis na empresa.

Devido à questão da potência requerida para tração, por volta de 60 cv, atentou-se também para o fator peso. Calcula-se que este item pesaria aproximadamente 22 Kg.

Figura 49 - Conceito final da bandeja central.



As bandejas laterais também deveriam ser concebidas de tal forma que "acompanhassem" a variação de intervalo entre as linhas de plantio, a fim de manter a mesma distância de alcance dos operadores às ramas.

Outra observação importante constatada em campo foi quanto às contenções das ramas nas bandejas, chamadas popularmente de "*fueiros*". Estes elementos, dispostos da maneira em que se encontravam, traziam dificuldades para o indivíduo em apanhar as ramas, como demonstra a figura 17. Sendo assim, esses elementos foram redesenhados de maneira a proporcionar a menor interferência possível para tarefa.

Figura 50 - *Sketch* da vista frontal da nova plantadora.

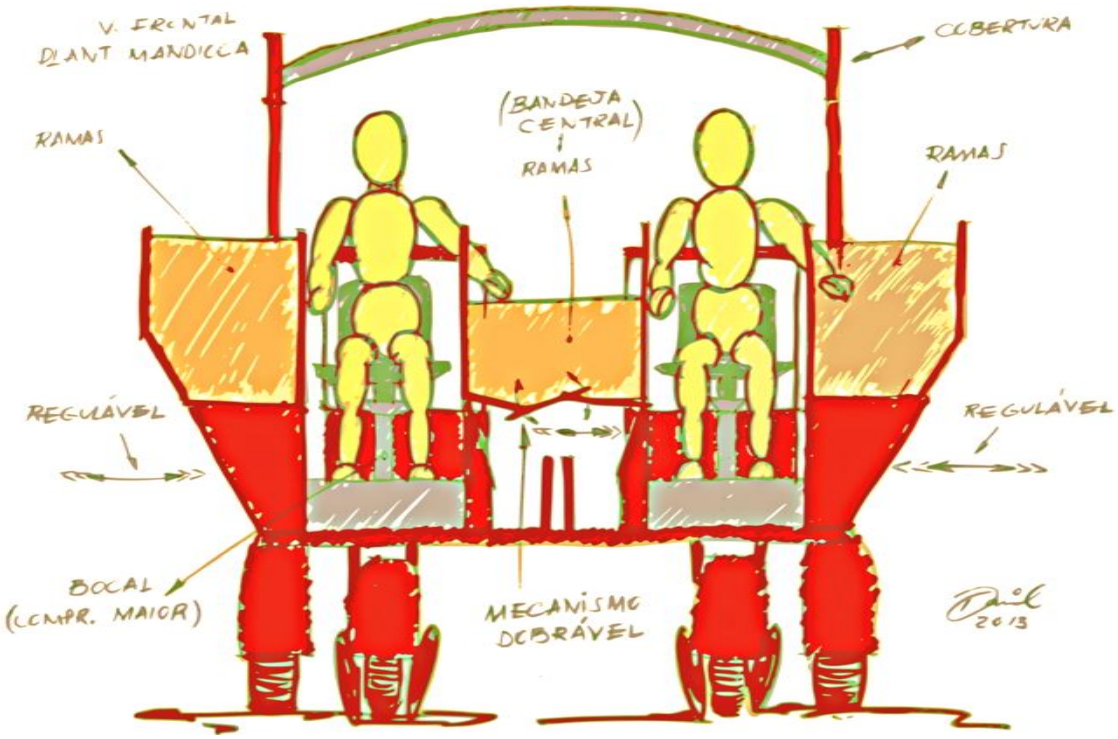
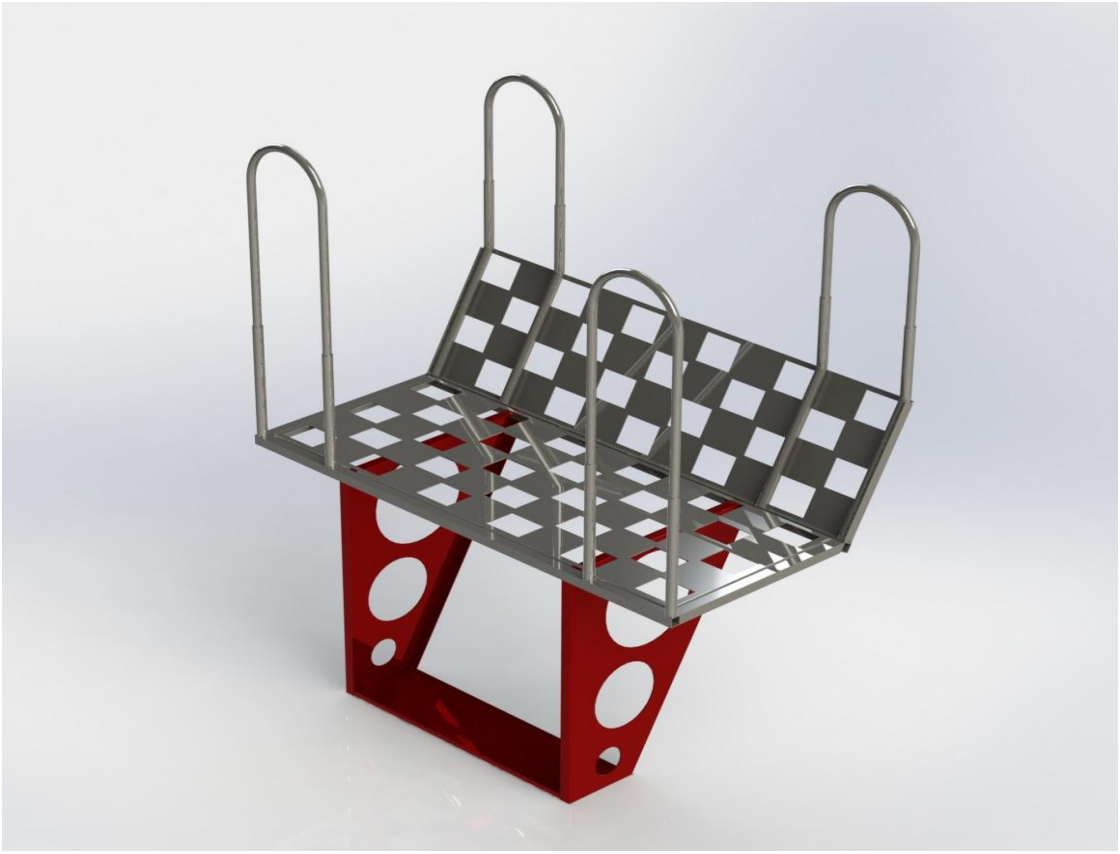


Figura 51 - Conceito final da bandeja lateral. "*Fueiros*" arredondados.



Calcula-se que esses itens teriam um peso aproximado de 23 kg cada, e que seriam apenas substituídos pelas bandejas com desenho atual, as quais seriam fixadas de modo que pudessem "acompanhar" o posicionamento das unidades de plantio. Essas peças pesariam aproximadamente 25 kg cada.

5.3.4 Redesenho dos assentos e do bocal de alimentação

Constatou-se, na diagnose, que um dos problemas evidenciados através das opiniões dos utilizadores estava relacionado ao incômodo em operar com a trepidação ocasionada pela irregularidade do solo. Sendo assim, fez-se necessário conceituar um assento que pudesse proporcionar o mínimo de conforto e, ao mesmo tempo, não onerar o custo total do equipamento.

Sendundo Iida (2005) os assentos devem ser especificados a cada tipo de tarefa não existindo um tipo de assento ideal para todas as ocasiões.

No que se refere à densidade da espuma utilizada no estofamento de qualquer assento de trabalho é recomendável que se utilize espumas com a densidade mínima de 50 kg/cm³ (BRASIL, 2001; BRASIL, 2002).

Encontrou-se, então, no mercado, extensa variedade de assentos para maquinário agrícola que vão desde o mais simples, sem possibilidades de regulagens e sem qualquer sistema de amortecimento, até os mais modernos, com microrregulagens e sistema de semiaquecimento.

Os assentos sem qualquer regulagem impedem diretamente a variabilidade antropométrica dos indivíduos, podendo, assim, ocasionar diversos problemas de ordem postural. Desse modo, foi fundamental criar um sistema de regulagens e, por mais simples que fosse a proposta escolhida, este requisito poderia trazer imediatos benefícios de ordem postural aos utilizadores do equipamento.

No projeto do redimensionamento do assento, foram utilizadas as recomendações de Iida (2005) para a realização de tarefas na posição sentada. Foram acrescentadas regulagens na altura, proporciando uma variação entre 350 a 420 mm bem como em sua movimentação frontal, que permitiu uma variação de 76 mm.

Como sistema de amortecimento, adotou-se o sistema de suspensão mecânica compacta por mola de lâmina exposto por Donati (1996), apresentado na figura 10.

Figura 52 - *Sketch* do assento com regulagens.

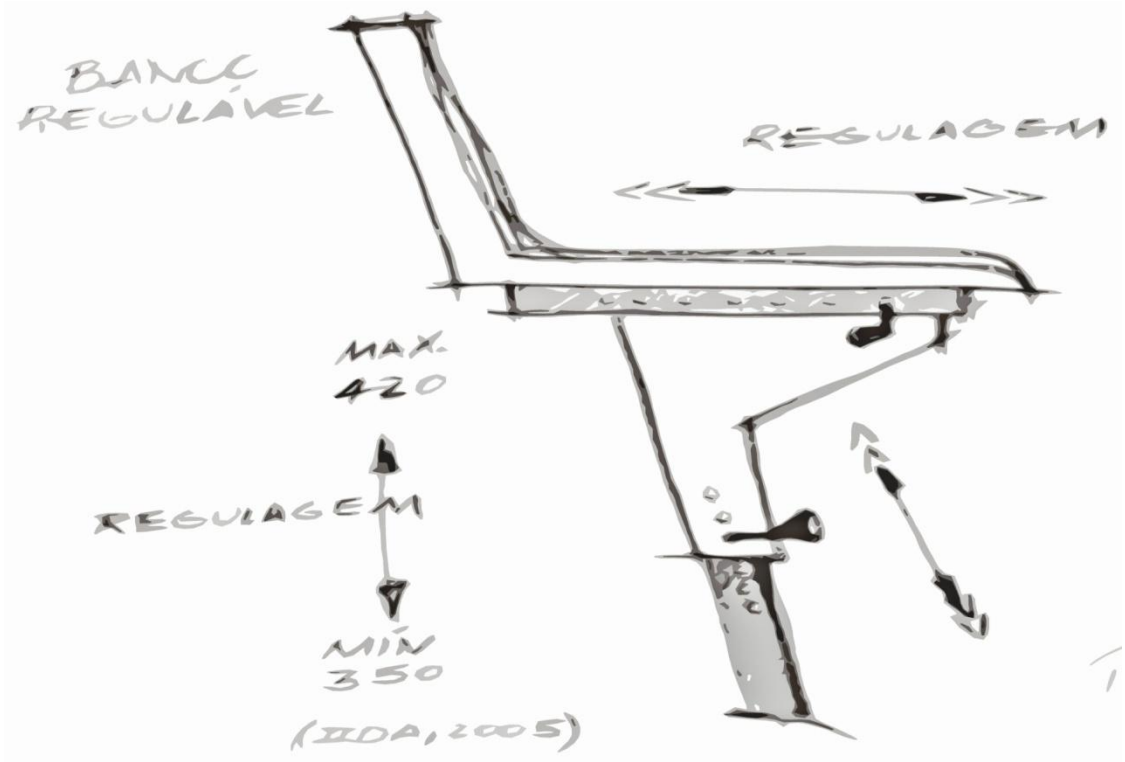
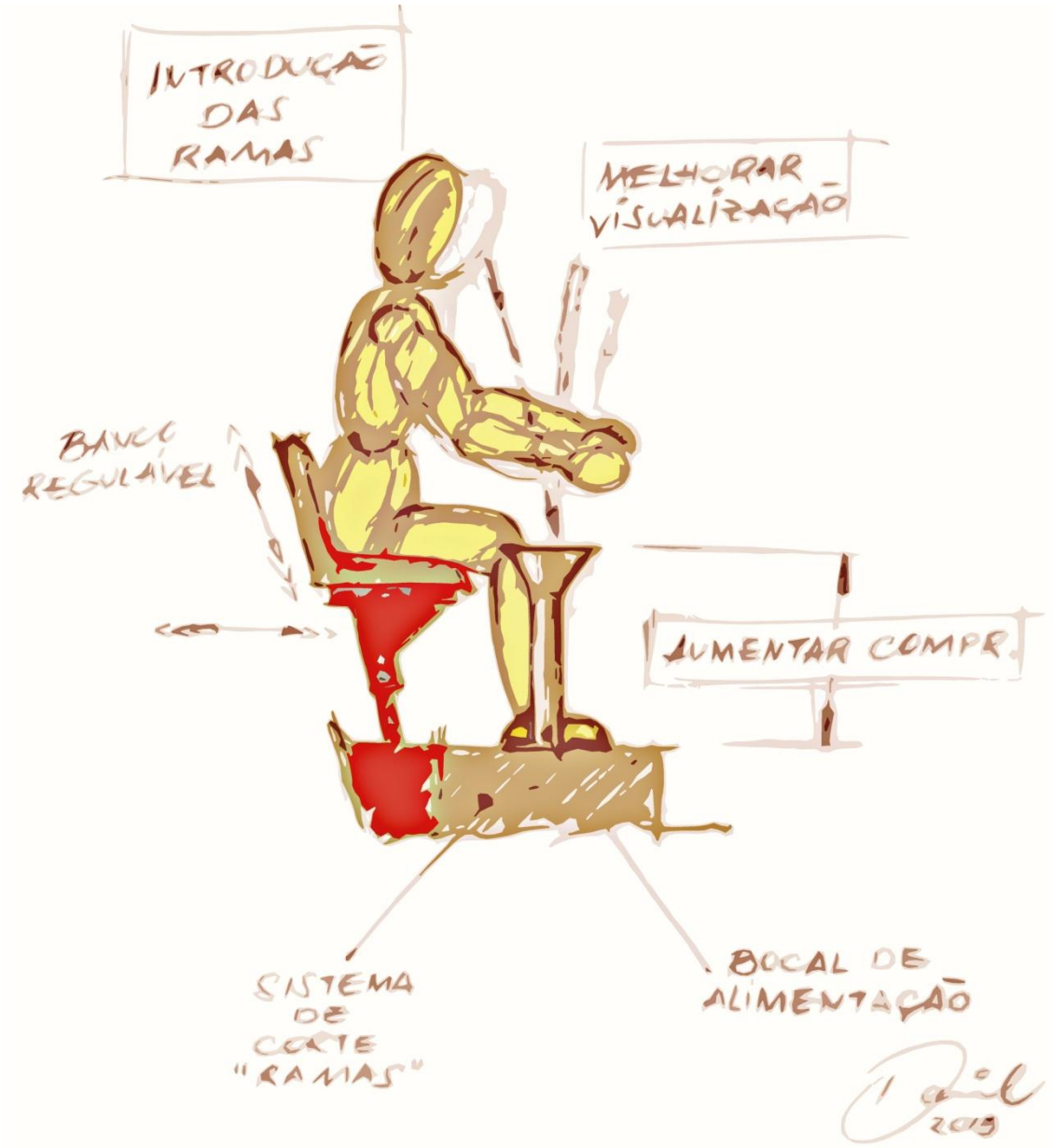


Figura 53 - Conceito final do assento. Sistema de amortecimento e regulagens.



Outro fator constatado na diagnose, que deveria ser considerado no reprojeto da máquina, está relacionado à altura do bocal de alimentação das ramas.

Figura 54 - *Sketch layout* frontal do assento e do bocal de alimentação.



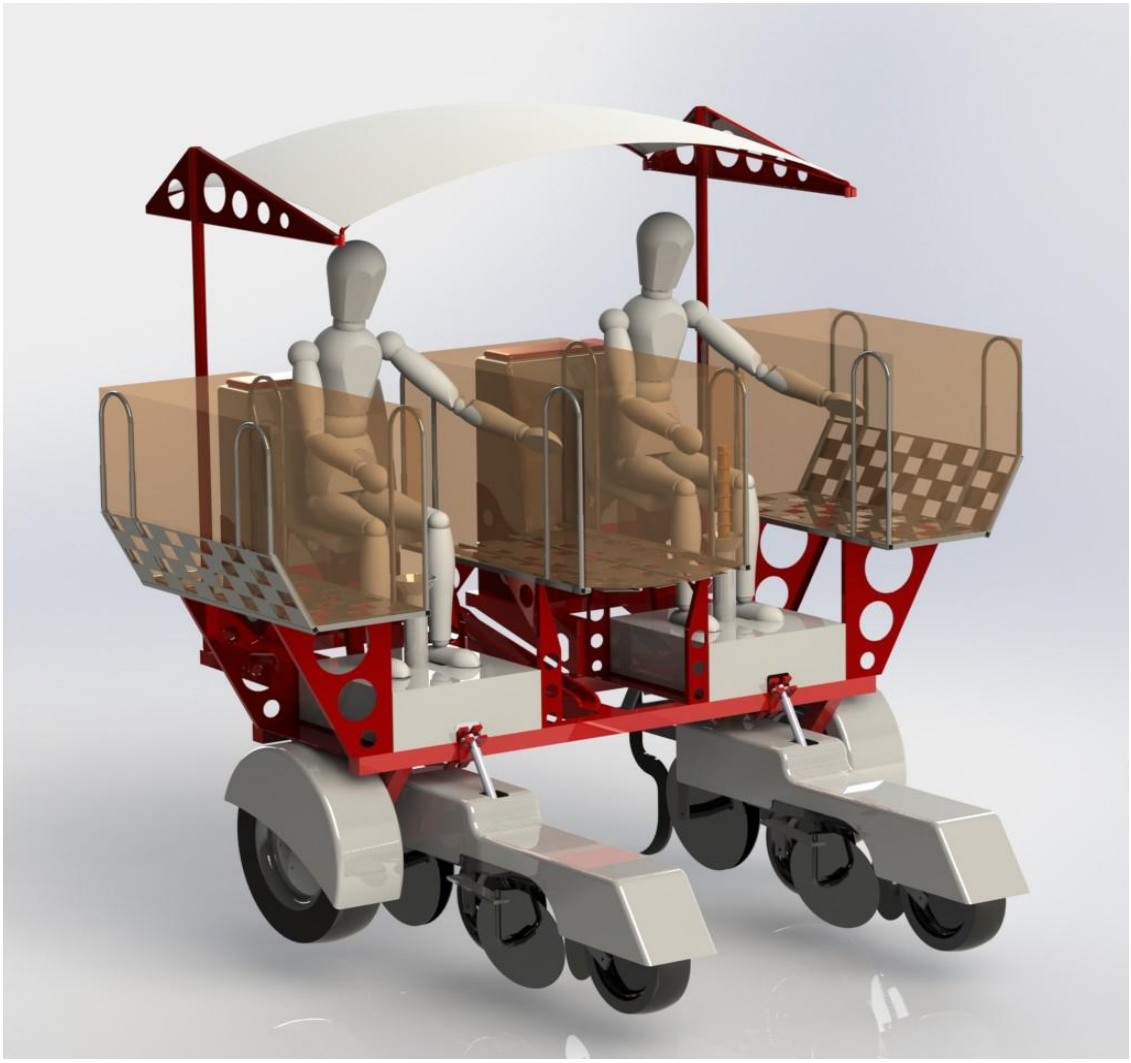
Apesar de apresentar-se em um procedimento pouco questionado no questionário de conforto, como se observa no gráfico 3, verificou-se que o procedimento de visualização do bocal (figura 29) submetia o indivíduo à inclinação do tronco para frente quando ia realizar o procedimento de inserção das ramas. Sendo assim, optou-se por aumentar o comprimento do bocal, de

200 para 300 mm, de modo a melhorar a visualização, sem que o indivíduo necessitasse inclinar o tronco acentuadamente para frente.

5.3.5 Conceito final do produto

Após a revisão bibliográfica dos fatores inerentes ao *design* ergonômico, fatores ambientais da tarefa, apreciação e diagnose ergonômica, o grupo de pesquisa chegou a um conceito final da plantadora.

Figura 55 - Conceito final da plantadora redesenhada (perspectiva vista de frente).

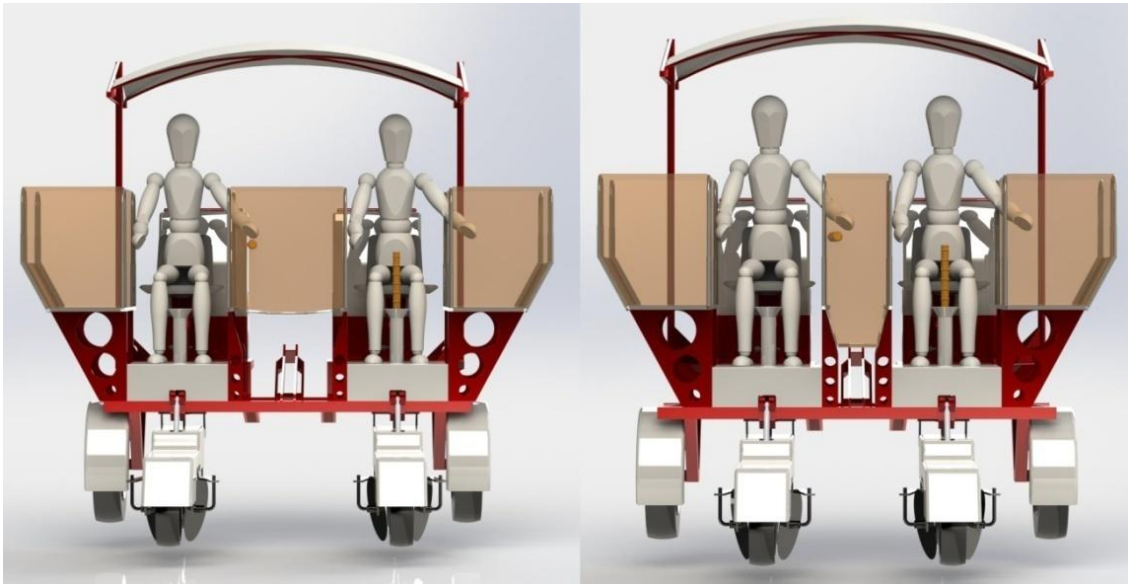


A inserção de carenagens envolvendo a unidade semeadora, bem como os *fueiros* arredondados serviriam como apoio para acesso à plataforma até os assentos. Por outro lado, as carenagens igualmente seriam úteis como forma de enclausuramento dos mecanismos cortantes da unidade.

Figura 56 - Conceito final da plantadora redesenhada (perspectiva vista traseira).



Figura 57 - Esquerda - espaçamento entre linhas em 120 cm. Direita - espaçamento entre linhas em 80 cm.



Conforme cálculos preliminares realizados com auxílio dos profissionais desenvolvedores do atual equipamento, o peso total do produto não excederia a carga limite para que um trator com 60 cv de potência pudesse tracionar o implemento.

Após finalizada a etapa de projetação, que baseou suas diretrizes nas etapas anteriores de apreciação e diagnose, o novo conceito apresentado deveria passar pelas mesmas avaliações que foram submetidas à máquina atual, para que se pudesse verificar sua eficiência em relação ao atual produto.

5.4 Pré-validação ergonômica

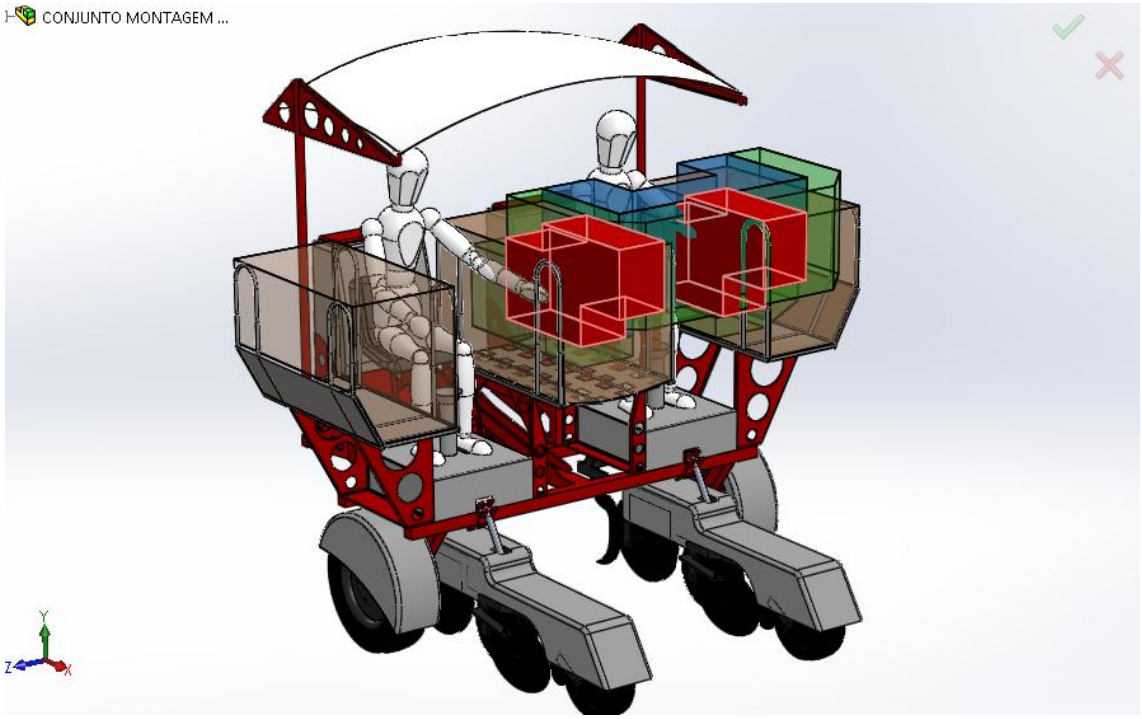
De acordo com Moraes e Mont'alvão (2009), a etapa de validação consiste em retornar aos usuários os argumentos, as propostas e as alternativas projetuais, compreendendo simulações e avaliações através de modelos de testes.

Assim se intitulou este tópico devido aos preceitos do método utilizado neste estudo de caso, que, segundo suas autoras, vão além de simulações auxiliadas por *softwares* gráficos. Apesar de apresentar resultados satisfatórios, considera-se essa etapa como uma pré-validação do projeto; portanto, a aplicação da metodologia completa não se eximiria da etapa de prototipação, que tem como objetivo final testar a usabilidade do equipamento com ambiente e usuários reais.

5.4.1 Análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico

Utilizou-se dos mesmos procedimentos apresentados no tópico 5.2.1 para a realização de análise do envoltório de alcance com o equipamento redesenhado.

Figura 58 - Volume do envoltório de alcance coincidente (cor vermelha) entre norma AFNOR-X-35-104-1980 e espaço das bandejas redesenhadas.



Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ SOLIDWORKS, 2012)

5.4.2 Resultados da análise do envoltório de alcance tridimensional utilizando-se de *software* gráfico

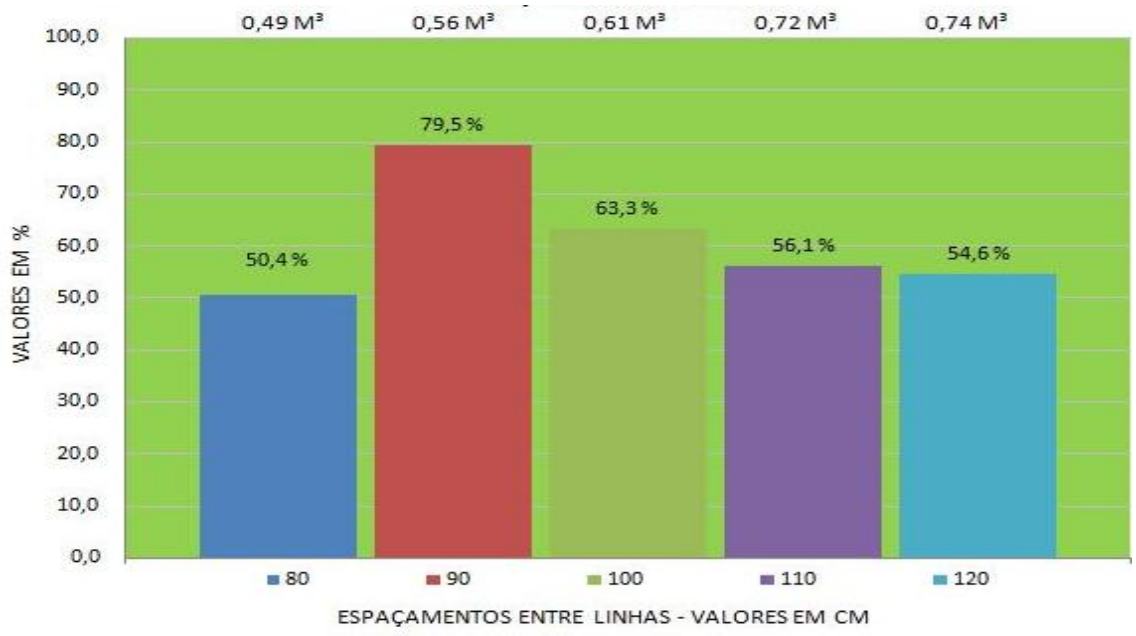
Com a vinculação das bandejas laterais e central ao sistema de corte e plantio, tornando-as móveis, a distância entre bandejas e operador permanece inalterada, melhorando, assim, o aproveitamento do envoltório de alcance, seja qual for o espaçamento adotado no plantio.

Quadro 11 - Volume do envoltório de alcance, segundo norma AFNOR-X-35-104-1980 em função dos espaçamentos adotados em plantio - plantadora redesenhada.

A	ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS SUGERIDOS (EMBRAPA,2003)	80	90	100	110	120	CM
B	CAPACIDADE MÁXIMA -TOTAL DE RAMAS - SOMATÓRIA DE TODAS AS BANDEJAS	0,82	0,89	0,94	1,05	1,07	M³
C	CAPACIDADE MÁXIMA DAS BANDEJAS DISPONÍVEIS PARA 1 (UM) OPERADOR (CENTRAL + 1 LATERAL)	0,16 + 0,33	0,23 + 0,33	0,28 + 0,33	0,39 +0,33	0,41 + 0,33	M³
D	SOMATÓRIA (BANDEJA CENTRAL + 1 BANDEJA LATERAL)	0,49	0,56	0,61	0,72	0,74	M³
E	ESPAÇO ACEITÁVEL - (AFNOR-X-35-104-1980) (IIDA,2005)	0,121	0,148	0,192	0,210	0,210	M³
F	ESPAÇO BOM - (AFNOR-X-35-104-1980) (IIDA,2005)	0,176	0,297	0,194	0,194	0,194	M³
G	ESPAÇO TOTAL (ACEITÁVEL + BOM)	0,297	0,445	0,386	0,404	0,404	M³
H	APROVEITAMENTO DO ESPAÇO TOTAL DE ALCANCE DA BANDEJA CONFORME NORMA	**50,4**	**79,5**	**63,3**	**56,1**	**54,6**	%

Nota-se, no quadro 11, que a capacidade total de carga da máquina se torna variável. Isso ocorre devido ao espaço proporcionado pela bandeja central, que varia de acordo com o espaçamento adotado pelo agricultor. Nas regulagens com espaçamentos entre 80 a 100 cm, a capacidade máxima de carga do novo desenho diminui de maneira tênue em comparação com o desenho atual.

Gráfico 5 - Volume máximo disponível da bandeja da plantadora de mandioca, segundo norma AFNOR X 35-104-1980, para 1 (um) operador.



O contrário ocorre com as regulagens entre 110 a 120 cm, em que a capacidade máxima de carga aumenta levemente em comparação com o equipamento atual.

Nota-se, no gráfico 5, que o aproveitamento do espaço oferecido pelas bandejas varia de acordo com o espaçamento de plantio entre linhas. Isso ocorre devido a diferentes geometrias que a bandeja central articulável adquire, de acordo com cada espaçamento, conforme apresentado na figura 57.

Comparando o gráfico 1, apresentado no tópico 5.2.2, com o gráfico 5, verifica-se um ganho considerável no aproveitamento do volume oferecido nas bandejas de acordo com a norma, o que permite que os indivíduos realizem um número reduzido de alcances com posturas inadequadas.

De maneira geral, pode-se afirmar que, de acordo com recomendações da norma AFNOR X-35-104, a média de aproveitamento do espaço oferecido pelas bandejas da máquina com o desenho atual foi de 15%, enquanto a média de aproveitamento com o equipamento redesenhado foi de aproximadamente 61%.

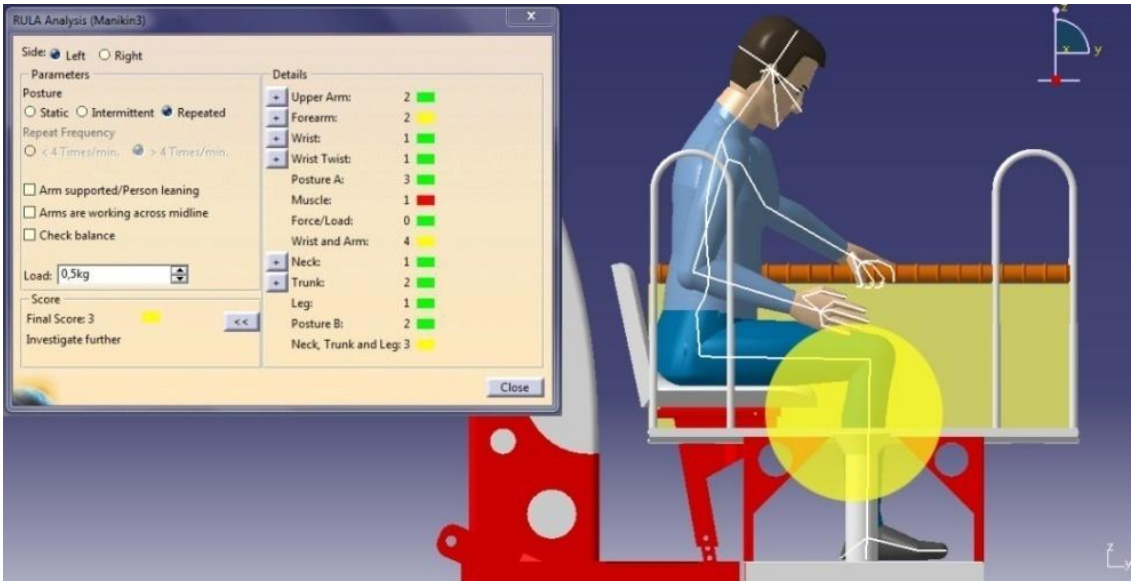
Gráfico 6 - Comparativo das médias de aproveitamento do espaço total de alcançe às bandejas, conforme norma AFNOR-35-104-1980.



5.4.3 Aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP: máquina redesenhada

Para realização de análise do método RULA com o equipamento redesenhado, foram utilizados os mesmos procedimentos e os mesmos manequins apresentados no tópico 5.2.9.2. No entanto, nesta simulação, os desenhos dos assentos foram ajustados especificamente para cada manequim, utilizando como ponto de referência a região femoral, sempre buscando mantê-la próxima a um ângulo de aproximadamente 90° com a região crural.

Figura 59 - Postura - Alcance das ramas com volume médio em máquina redesenhada - Manequim virtual e caixa de diálogo "RULA *Analysis*".



Fonte: adaptado (DASSAUT SYSTÈMES™ DELMIA V5, 2012)

5.4.4 Resultados da aplicação do método RULA utilizando *software* de DMP: máquina redesenhada

Os resultados apresentados nos quadros 12, 13, 14 e 15 demonstram, detalhadamente, as médias das pontuações (*scores*) específicas de cada membro do manequim avaliado na máquina redesenhada de acordo com cada postura assumida.

Quadro 12 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura - Separar/introduzir ramas na Plantadora de Mandioca redesenhada em função dos 11 manequins avaliados.

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA
BRAÇO	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1,7
ANTEBRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2,7
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3,7
PESCOÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRONCO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PONTUAÇÃO FINAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

É válido lembrar que os valores médios apresentados com caracteres decimais após a vírgula são apenas para dar precisão aos dados, pois são utilizados nos *scores* do método RULA apenas números inteiros.

O quadro 12 demonstra a pontuação específica de cada membro do corpo e suas referentes médias para a tarefa de separação, visualização e introdução das ramas no bocal de abastecimento da máquina redesenhada.

Observa-se uma pontuação aceitável nos membros superiores, com exceção do antebraço, que atingiu média "2". No campo "músculos", a média "1" relaciona-se aos movimentos repetitivos (segundo o método aplicado, mais de 4 movimentos por minuto).

Comparando os campos "perna" e "pescoço, tronco e perna" dos quadros 6 (desenho atual) e 12 (reprojeto com enfoque ergonômico), nota-se a redução da média de *escore* de "2" para "1" no campo “perna”, e de "4,9" para "3" no campo "pescoço, tronco e perna". Esta redução na média de *escores* ocorreu provavelmente devido ao aumento da altura do bocal de abastecimento e ao ajuste na regulagem dos assentos, o que permitiu que a tarefa de visualização do bocal fosse menos sofrível.

A média "3", obtida na pontuação final do quadro 12 (reprojeto com enfoque ergonômico), reduziu "2" pontos em comparação com a média apresentada no quadro 6 (desenho atual).

Quadro 13 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade máxima de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados.

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA
BRAÇO	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,8
ANTEBRAÇO	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,8
PULSO	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1,3
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	3	1	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3,1
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	4	2	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4,1
PESCOÇO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRONCO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PONTUAÇÃO FINAL	3	2	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3,2

O quadro 13 demonstra a pontuação específica de cada membro e suas referentes médias para a tarefa de alcance das ramas com a "bandeja" totalmente cheia.

Verifica-se que a média de *escores* do campo "braço", comparando os quadros 7 (desenho atual) com o quadro 13 (reprojeto com enfoque ergonômico), se manteve praticamente com a mesma pontuação. Isso ocorre pelo fato de ainda haver a necessidade de abdução do braço e extensão do antebraço, pois o implemento com a carga máxima exige esse movimento em ambos os casos. No campo "pulso", pode-se observar uma redução de aproximadamente "2" pontos, enquanto o campo "músculos" novamente permanece com a pontuação "1" devido aos movimentos repetitivos. É válido ressaltar que, ao acrescentar uma bandeja central, os movimentos de grupos musculares da região dos braços tendem a se alternarem; no entanto, para o método RULA, ainda são considerados uma tarefa repetitiva.

A média obtida no campo "braço e punho" reduziu sensivelmente, ao analisar o quadro 7 (desenho atual) e o quadro 13 (reprojeto com enfoque

ergonômico), pois ainda é resultado da posição estendida do conjunto "braço, antebraço e punho". Na postura do conjunto "pescoço, tronco e perna", comparando o quadro 7 (desenho atual) com o quadro 13 (reprojeto com enfoque ergonômico), obteve-se a redução de "3,6" para média de *score* "2". É provável que os ajustes nas regulagens dos assentos, adequados a cada manequim, foram responsáveis pela diminuição dessa pontuação.

Realizando uma comparação da média dos *scores* finais do quadro 7 (desenho atual) com o quadro 13 (reprojeto com enfoque ergonômico), obteve-se uma redução na pontuação de "4,5" para "3,2".

Quadro 14 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com metade da capacidade de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados.

BRAÇO	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,1
ANTEBRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PULSO	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1,3
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,1
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,1
PESCOÇO	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1
TRONCO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PONTUAÇÃO FINAL	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,1
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA

O quadro 14 expõe o *score* específico de cada membro e suas referentes médias para a tarefa de alcance das ramas com a metade da capacidade da bandeja.

Observa-se, no campo "braço", a redução das médias de "3,1", apresentada no quadro 8 (desenho atual), para "2,1" (reprojeto com enfoque ergonômico). É provável que essa redução tenha ocorrido devido à diminuição da amplitude de deslocamento dos braços em alcançar a matéria- prima na bandeja. Houve, também, redução da pontuação do grupo "braço e punho" de "5" (quadro 8 - desenho atual) para "4,1" (reprojeto com enfoque ergonômico).

O campo "postura B" (quadro 14 - reprojeto com enfoque ergonômico) obteve *score* de "2" pontos, ou seja, "2,5" pontos abaixo da mesma análise apresentada no quadro 8 (desenho atual), que obteve *score* "4,5". Observa-se, nesse caso, a diminuição da inclinação do conjunto "pescoço, tronco e pernas" tanto em direção ao plano sagital quanto ao frontal.

Nesta posição, a média dos *scores* finais chegou a "3,1", uma redução de aproximadamente "3" pontos em relação à análise apresentada no quadro 8 (desenho atual), que obteve *score* médio "6".

Quadro 15 - Resultado da análise RULA em *software* de DMP. Postura com capacidade mínima de ramas na plantadora redesenhada em função dos 11 manequins avaliados.

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	MÉDIA
BRAÇO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ANTEBRAÇO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TORÇÃO DO PULSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - A	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MÚSCULOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FORÇA/CARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAÇO E PUNHO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
PESCOÇO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRONCO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PERNA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
POSTURA - B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PESCOÇO,TRONCO E PERNA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
PONTUAÇÃO FINAL	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

O quadro 15 apresenta a média das pontuações específicas de cada membro para a tarefa de alcance das ramas com capacidade mínima da bandeja.

Nesta análise, o conjunto "braço e punho" recebeu pontuação "4", uma redução de aproximadamente "1" ponto em relação ao mesmo campo verificado no quadro 9 (desenho atual), que apresentou média de *score* "4,9". Isso ocorre devido à diminuição do movimento de extensão desses membros.

O conjunto "pescoço, tronco e pernas" recebeu média "4", uma considerável redução em relação aos valores obtidos no quadro 9 (desenho atual), que obteve média de *score* "7,9". Isso se explica devido à diminuição da

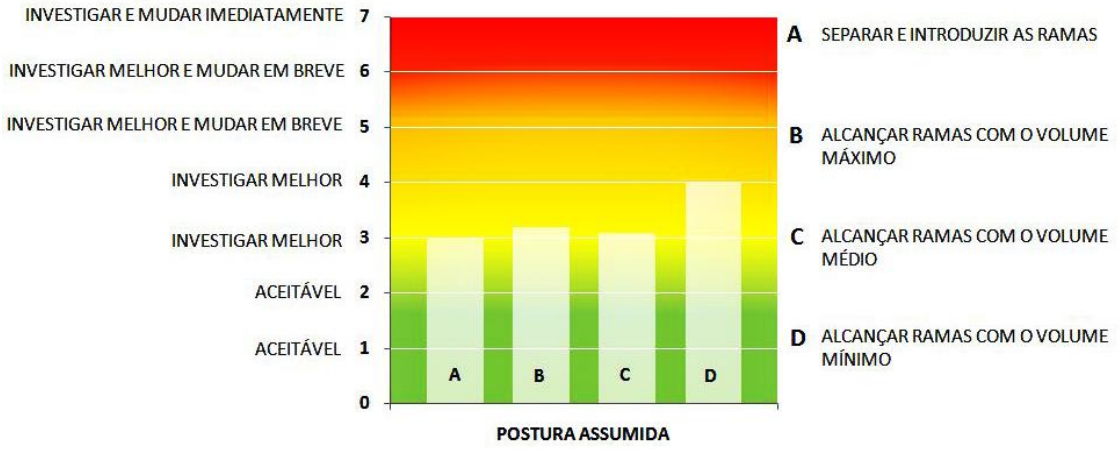
contração do abdômen, flexão e lateralização das regiões cervical, torácica e lombar.

A média de *score* final nesta análise atingiu pontuação "4", contra "6,9" pontos apresentados no quadro 9 (desenho atual).

Conclui-se que o rearranjo dos elementos fundamentais inerentes à tarefa de plantio configurou-se, segundo o método RULA, em um ambiente menos sofrível para os manequins em estudo. No entanto, o ritmo repetitivo da tarefa ainda exige um nível de investigação melhor, segundo o método aplicado.

É prudente salientar que o método RULA deve ser aplicado em apenas um lado do corpo por vez. Apesar deste estudo ainda apresentar pontuações acima da média aceitável, deve-se considerar que, com o redesenho da máquina, o operador alternaria os movimentos entre lado esquerdo e direito, podendo reduzir pela metade os esforços e repetições.

Gráfico 7 - Pontuação média (RULA) das principais posturas assumidas na Plantadora de Mandioca - Redesenho com enfoque ergonômico.



O gráfico 7 apresenta as médias das pontuações finais do método RULA na análise do equipamento redesenhado com um enfoque ergonômico. Em comparação com as quatro principais posturas assumidas do atual desenho (gráfico 4), constatou-se, segundo o método, uma considerável redução na gravidade da tarefa.

A postura D (alcançar ramas com o volume mínimo) caracterizou-se na posição mais crítica, atingindo "4" pontos. Em comparação com o atual

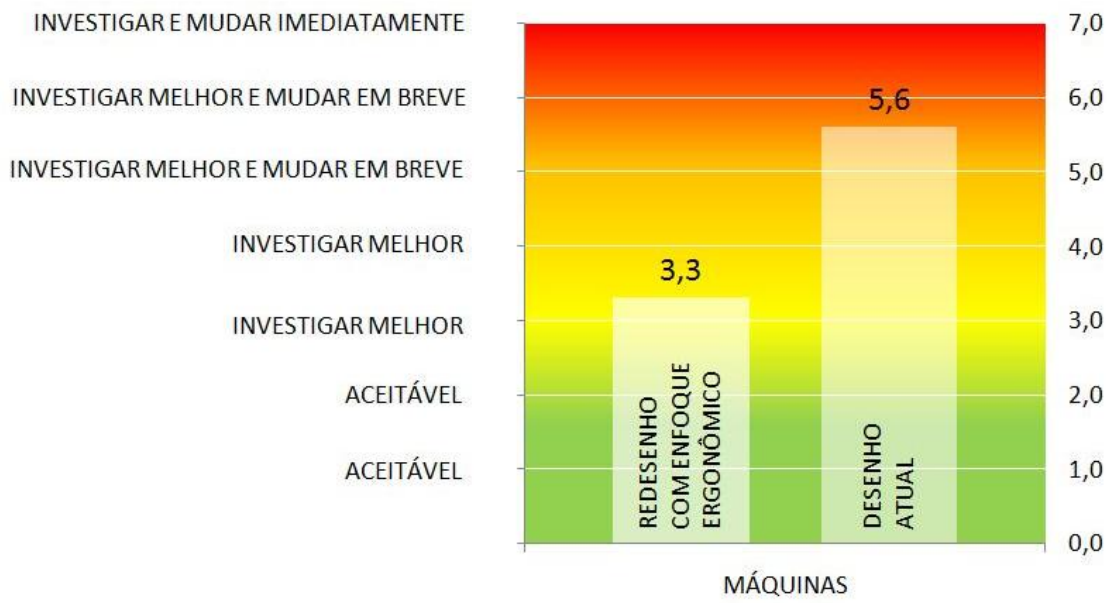
desenho, foi possível observar uma drástica redução da pontuação, o que levou a gravidade da postura para níveis menos alarmantes.

As posturas A, B e C, que atingiram pontuações próximas a "3", reduziram consideravelmente seus níveis de gravidade em comparação com o estudo realizado no desenho atual.

O rearranjo das bandejas, alocadas próximas ao manequim, bem como a adição de regulagens dos assentos foram medidas essenciais para que se reduzissem os níveis de urgência quanto à realização de melhores investigações no arranjo físico do posto de trabalho.

Segundo o método aplicado, a repetitividade é um fator primordial para a redução da gravidade da tarefa. O acréscimo de uma bandeja central certamente poderia ocasionar a redução dos números de movimentos de grupos musculares, tornando, assim, a tarefa menos sofrível.

Gráfico 8 - Síntese comparativa entre eficiência dos *layouts* das plantadoras analisadas, segundo método RULA.



Concluiu-se, nesta etapa, que, através de análises com auxílio de *softwares* gráficos, foi possível prever diversas questões de projeto, no que se refere a constrangimentos posturais, que só seriam evidenciadas em uma etapa de prototipagem do produto, podendo reduzir custos e tempo de

validação. Contudo, o contato humano com o ambiente e os equipamentos reais ainda não seriam passíveis de serem substituídos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu confirmar que a Ergonomia no ambiente agrícola, seja na indústria de máquinas e equipamentos, seja no campo, ainda é pouco explorada. A primeira busca incessantemente a redução dos custos de produção de seus produtos, empregam, em sua grande maioria, profissionais do ramo da engenharia mecânica, os quais, não possuem formação na área da Ergonomia e entendem que a aplicação de conceitos básicos de segurança e Ergonomia onera financeiramente o desenvolvimento do maquinário. O segundo está repleto de trabalhadores sem qualquer informação, que praticam suas atividades de forma insegura sem o uso de proteções.

Uma provável solução para essa problemática estaria na execução de rígida fiscalização nos ambientes rurais por parte do MTE, que, através de efetiva aplicação das normas, estabeleceria punições quando fossem relatadas situações de trabalho inseguro, a exemplo do que ocorre nas indústrias.

Os resultados apresentados neste estudo de caso comprovam que é possível inserir, ou mesmo aprimorar, a Ergonomia e a segurança dos equipamentos agrícolas, existindo, para isso, inúmeras metodologias de *design* ergonômico que podem ser executadas concomitantemente com métodos voltados à gestão de custos de produção.

O uso de ferramentas computacionais gráficas como *CAD, CAM e DMT* está cada vez mais comum, prova disso é que uma parcela das indústrias do setor agrícola já conta com tais tecnologias, porém não se dispõem a contratar profissionais que fazem o uso desses *softwares* em prol de projetos essencialmente ergonômicos.

A utilização da simulação em ambientes projetuais também é outra realidade e seu uso massivo proporcionará uma tendência de barateamento dos altos preços hoje aplicados, tornando-a futuramente mais acessível às pequenas e médias empresas. Suas potencialidades quanto às análises de processamento, fundamentalmente no que se refere ao ser humano, elemento extremamente complexo, ainda são bastante limitadas. No entanto, comparando ao que essas tecnologias proporcionavam há 20 anos, nota-se um imenso avanço. Portanto, ao se confirmar essa tendência, muito em breve, testes e análises complexos inerentes ao comportamento humano poderão ser realizados através de simulações computacionais.

Em específico a este estudo, foi possível apenas realizar simulações que estavam, direta ou indiretamente, ligadas a dados matemáticos, ao passo que fatores psicossociais e cognitivos, como, por exemplo, a usabilidade e a percepção de conforto, não poderiam ser simulados em um computador, necessitando-se, para isso, de modelos tridimensionais reais, de tal forma que se obtivessem conclusões mais concretas.

A multiplicidade de conhecimentos que foram envolvidos para que se aplicasse a melhoria do projeto do produto e, consequentemente, a qualidade do trabalho com o uso dessa máquina agrícola geraram várias outras hipóteses no decorrer da pesquisa e, por questões temporais e orçamentárias, não foi possível fazer maiores aprofundamentos de fatores como: análises quantitativas, no sentido de se utilizar instrumentos específicos de modo a buscar a identificação de problemas vibratórios, ruídos e exposição ao calor, bem como análises qualitativas de âmbito psicossocial e cognitivo, como testes reais de usabilidade do equipamento.

Espera-se que, com a realização deste estudo, se possa oferecer uma valiosa contribuição ao setor de projetos agrícolas, principalmente para os pesquisadores e profissionais dessa área que, através da assimilação deste trabalho, possam dissipar o conhecimento aqui gerado na forma de outros mais projetos análogos, implantando de forma indireta uma nova cultura, a de executar projetos agrícolas mais ergonômicos e seguros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, R. F. **A contribuição da ergonomia para o trabalho agrícola**. Universidade Estadual de Campinas, 2008.

ALENCAR, M. C. B.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D D'A.; GONTIJO, L. A. **Mortalidade de frangos de corte e comportamento humano no trabalho**. 2006. Revista Scientia Agricola. v.63, n.6, p. 529-533. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390162006000600003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 9 jun. 2009.

ALONÇO, A. S. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**, 2004. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ALTEC (Org.). **Módulos de sombreadores fabricados em tela de polietileno de alta densidade**. Campinas: Altec, 2013. Color. Disponível em: <http://www.altecsombra.com.br/>. Acesso em: 01 out. 2013.

AMC (Org.). **Cobertura arquitetônica construída em polietileno de alta densidade com tratamento UV**. São Paulo: Amc Telas Agrícolas e Decorativas, 2013. Color. Disponível em: <http://www.amctelas.com.br/produtos.php>. Acesso em: 02 out. 2013.

AUTODESK™, **Autocad, versão 2013**, San Rafael CA: Worldwide Headquarters, 2013. Disponível em: <http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>. Acesso em: 03 jan. 2013.

BONSIEPE, G.; KELLNER, P.; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental**: desenho industrial. Brasília: CNPq/Coordenação editorial, 1984.

BRAATZ, D. et al. **Aplicação de dados antropométricos bidimensionais na construção de manequins humanos tridimensionais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 12., 2002, Recife, Brasil. Anais… Recife: ABERGO, 2002.

BRITO, P. M.; COSTA, C. K.; NETO, C. F. **Análise da relação entre a postura de trabalho e a incidência de dores na coluna vertebral**. Disponível em: <http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nfs/BFAC68402D42F659032565903256FB0006 B282D/$File/NT000A47BE.pdf> Acesso em: 20 set. 2007.

CASSEL, R. A.; KLIPPEL, M.; ANTUNES, J. A. V. **Considerações críticas acerca da relação do mecanismo da função produção e a simulação computacional:** um estudo de caso. In: XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - Florianópolis, SC, Brasil, 2004. p. 458-465.

CORLETT, E. N.; MANENICA, I. **The effects and measurement of working postures**. Applied Ergonomics, n. 11, p. 7-16, 1980.

DASSAUT SYSTÈMES™, **Delmia versão 5**, Vélizy-Villacoublay: Worldwide Headquarters, 2012. Disponível em: <http://academy.3ds.com/software/delmia/> Acesso em: 08 set. 2012.

DASSAUT SYSTÈMES™, **Solidworks versão 2012**, Vélizy-Villacoublay: Worldwide Headquarters, 2012. Disponível em: <http://www.solidworks.com/sw/engineering-education-software.htm> Acesso em: 06 jun. 2012.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil**. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção, v.7 ISSN 1678-8796, Jan/2003.

DEMIREL, H. O.; DUFFY, V. G. (2007). **Applications of digital human modeling in industry**. In: V. G. Duffy (Ed.), Digital human modeling, HCII 2007, LNCS 4561 (pp. 824-832). Berlin, Heidelberg: Springer.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F. **Acidentes com tratores**. Cultivar Máquinas, Pelotas, p.1-1, 2002.

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, dec. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000600021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 out. 2013.

DONATI, P. **Prévention des vibrations**: choix et utilisation des sièges de tracteurs et de machines agricoles. Document de travail INRS n° 299, 1996.

DONATI, P. **Survey of technical preventative measures to reduce whole-body vibration effects when designing mobile machinery**. Journal od Sound and Vibration, v. 253, p. 169-183, 2002.

ERGONOMI DESIGN GRUPPEN. **Shaping success** [catalogue]. Bromma: Ergonomi Design Gruppen, 1997.

FERRARI, D. A.; SANTOS FILHO, A. G.; SANTOS, J. E. G. **Panorama da ergonomia nos setores de projeto e engenharia de empresas fabricantes de máquinas e implementos agrícolas**. In: 13 ERGODESIGN USIHC, 2013.

FEYEN, R. et al*.* **Computer-aided ergonomics**: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design. Applied Ergonomics, v.31, p. 291-300, 2000.

FRISONI, B. C.; MORAES, A. Ergodesign: uma associação. In: **Ergodesign**: produtos e processos. Rio de Janeiro: 2AB, 2001. p. 195-206.

FRITZSCHE, L. **Ergonomics risk assessment with digital human models in car assembly: Simulation versus real life**. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 20(4), 2010.

GAMA, E. B.; COSTA, P. D. M. A. B. **Benefícios obtidos com a integração dos sistemas MES e a manufatura digital do PLM**. In: XXIX ENEGEP, 2009, Salvador. TN_STO_091_621_13395 - Benefícios Obtidos com a Integração dos Sistemas MES e a Manufatura Digital do PLM. Rio de Janeiro: Abepro, 2009.

GENZ, J. S.; VILAGRA, J. M. **Tempo de trabalho e sua relação com a dor na operação de trator agrícola**. FIEP Bulletin On-line, v.79, n. 2, 2009.

GUIMARAES, L. B. M. **Ergonomia de processo I**. 5.ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS/EE/PPGEP, 2006.

GUIMARÃES, L. B. M.; BIASOLLI, P. **Levantamento antropométrico**: o Brasil ainda precisa ter o seu? In: II ERGODESIGN. Rio de Janeiro: Departamento de Artes e *Design* PUC-Rio, 2002.

GOMES, C. Z.; SANTOS, J. E. G.; FERNANDES, J. C. **Usuário x a interface tecnológica dos produtos agrícolas**: fatores socioculturais e ambientais que interferem na atividade. In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 2005, Rio de Janeiro. Anais em CD ROOM, 2005.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 1998. 338 p.

GRIMALDI, R.; MANCUSO, J. H. **Qualidade Total**. Folha de S. Paulo e Sebrae,1994. 6º e 7º fascículos.

HENDRICK, H. W. **Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life**. In: II CONGRESSO LATINO.

IARC International Agency for Research on Cancer. **Solar and ultraviolet radiation**. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 55. Lyon, 1992.

HOLLCKS, B. **A well-kept secret? Simulation in manufacturing industry reviewed.** OR Insight, vol. 5, n^{o} 4, out.-dez. 1992, p. 12-17.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

JUMIL (Org.). **Manual de instruções e catálogo de peças**: JM 4320 MANIVA. Batatais: Jumil, 2012.

KELTON, D. W.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. ***Silulation With Arena***. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

KROEMER, K.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LAMKULL, D.; HANSON, L.; ORTENGREN, R. **A comparative study of digital human modelling simulation results and their outcomes in reality**: a case study within manual assembly of automobiles. International Journal of Industrial Ergonomics, v.39, 2009.

MACTAMNEY, L.; CORLETT, N. **RULA**: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, v.24, n.2, p. 91-99, 1993.

MAIN, B. W.; WARD, A. C. **What do design engineers really know about safety?** USA: Mechanical Engineering. August 1992. p. 44-51.

MCCURDY, S. A.; CARROLL, D. J. **Agricultural injury**. American Journal of industrial medicine. Wiley-Liss: 2000. n.38, p. 463-480.

MINETTE, J. L. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. Viçosa, 1996, 211p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Departamento Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa.

MINETTE, L. J. et al. **Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal**. Agriambi, Campina Grande, v.11, n. 6, p.664-667, jun. 2007.

MONTEIRO, J. C. **O processo de trabalho e o desencadeamento dos agravos à saúde dos trabalhadores rurais: um estudo ergonômico na agricultura familiar em Santa Catarina.** Santa Catarina, 2004. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – UFSC.

MORAES, A. Ergonomia e usabilidade de produtos: programas, informação. In: **Ergodesign**: produtos e processos. Rio de Janeiro: 2AB, 2001. p. 195-206.

MORAES, A.; MONT´ALVÃO, C. **Ergonomia**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

_____. **Ergonomia**: conceitos e aplicações. 4.ed. Teresópolis: 2AB, 2009.

NIOSH (1981). **Work Practices Guide for Manual Lifting**. Cincinnati, Ohio: U.S. Department of Health and Human Services, Report no 81-122, 183 p.

NIOSH (1991). **Scientific Support Documentation for the Revised 1991 NIOSH Lifting Equation: Technical Contract Reports**. Cincinnati, Ohio: NIOSH, PB91-226274, 282.

NORRIS, B.; WILSON, J. R. **Designing safety into products: making ergonomics evaluation a part of the design process**. Nottingham: Institute for Occupational Ergonomics/University of Nottingham, 1997. 30 p.

NR-12 **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora** n° 12. 1.ed., Brasília: MTE, SIT, 2002.

NR-17 **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora** n° 17. 1.ed., Brasília: MTE, SIT, 2002.

NR-31 **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora** n° 31. 1.ed., Brasília: MTE, SIT, 2002.

NUMARI, B. **Das coisas nascem as coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliado por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetado**. Florianópolis, 1999. (Doutorado em Engenharia Mecânica) – UFSC.

OLIVEIRA, P. R.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, F. C. **A radiação ultravioleta e as lentes fotocrômicas**. Arq. Bras. Oftalmol., v. 64, p. 163-5, 2001.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores- Estandares Antropométricos**. México: Gustavo Gilli, 1993.

PARNIANPOUR, M.; SPARTO, P. J.; CHEN, M. C. **Validation of electrolytic-liquid tilt sensors for human motion measurement**. Ohio State University, Columbus, 1997. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9731404>. Acesso em: 21 out. 2013.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultra-sonografia**: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto. São Carlos, 2003. 142 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSCar.

PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, J. C. P. **Design Ergonômico**: uma revisão de seus aspectos metodológicos. Conexão: Comunicação e Cultura, Caxias do Sul, v. 5, n.10, p.201-213, jul. 2006. Semestral.

POPIM, R. C. *et. al.* **Câncer de pele**: uso de medidas preventivas e perfil demográfico de um grupo de risco na cidade de Botucatu. Ciência Saúde Coletiva, v. 13, n.4, p. 1331-6, 2008.

REIS, A. V.; MACHADO, A. L. T. **Acidentes com máquinas agrícolas:** texto de referência para técnicos e extencionistas. Pelotas: Ed. Universitária, UFPEL, 2009.

RENNER, J. S. **Prevenção de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho**. Boletim da Saúde, v. 19, n.1, p. 73-80, 2006.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Florianópolis, 2003. 266f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – UFSC.

ROOZBAZAR, A.; BOSKER, G. W.; RICHERSON, M. E. **A theoretical model to estimate some ergonomic parameters from age, height and weight.** Ergonomics. 22 (1): 43-58, 1979.

ROTH, C. W. **Transmissibilidade da vibração e distribuição da pressão na interface assento-operador de tratores agrícolas em condições dinâmicas.** Santa Maria, 2010. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UFSM.

SCHOENARDIE, R. P. et al. **Antropometria**: necessidade de constantes investigações para a efetiva contribuição na área da Ergonomia. EFDeportes.com, Buenos Aires, n° 149, out. 2010.

SELL, I. **Projeto do trabalho humano**: melhorando as condições de trabalho. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002. 469p.

SANDVIK, S. **11 point programme**: the scientific way to develop better hand tools [catalogue]. West Midlands: Sandvik, 1997.

SANTOS, F. A. N. V. MD3E **(Método de Desdobramento em 3 Etapas): uma proposta de método aberto de projeto para uso no ensino de design industrial.** Florianópolis, 2005. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSC.

SANTOS, J. E. G. **Antropometria**: uma contribuição para melhoria da segurança em máquinas agrícolas. In: Prevenção de acidentes com máquinas nas áreas agrícola e florestal, 2., 2012, Botucatu. Apresentação. Botucatu: Workshop Prevenção de Acidentes Com Máquinas Agrícolas e Florestal, 2012. p. 1-82.

SANTOS, F. A. N. V.; BRUSTULIN, G. H. **Application of the open method (MD3E) in the ergonomic design of products**. HFD Human Factors. In: Design, vol. 1, p. 5, 2012.

SANTOS, J. O.; SANTOS, A. R.; OLIVEIRA, S.; LIMA, L. L.; COSTA, E. F. **Avaliação do nível de informação quanto à prevenção do câncer da pele em trabalhadores rurais do município de Lagarto**, Sergipe. In: II CPIRNNET, João Pessoa, 2007.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H. **Caderno técnico da Revista Cultivar máquinas**. edição janeiro/fevereiro 2002 (Conforto, preocupação com o operador). p. 3-9.

SIEMENS (Org.). **Os softwares PLM**. Disponível em: <http://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/plm/>. Acesso em: 06 set. 2013.

SILVERIO, M. **O uso da simulação em ergonomia de concepção**: uma reflexão a partir do projeto de uma cabine de ponte rolante em uma refinaria de petróleo. São Carlos, 2011. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSCar.

SILVA; A. L. **Ergonomia aplicada em posto de trabalho do operador de tratores**: sistema para aquisição de coordenadas tridimensionais. Botucatu 2009. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista.

THIOLLENT, M. J. M.; BOURDIEU, P. **Crítica metodológica, investigação social & enquete operária**. São Paulo: Polis, 1981.

TORÉN, A. et al. **Tractor-driving hours and their relation to self-reported low-back and hip symptoms.** Applied Ergonomics. Elsevier Science Ltd: 2002. nº 33, p. 139 – 146.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring the user experience:** collecting, analyzing and preseting usability metrics. Burlington: Morgan Kaufmann, 2008. 336 p.

VIAN, C. E. F. **Evolução histórica da indústria de máquinas agrícolas no mundo**: origens e tendências. In: SOBER, 48., 2010. Campo Grande. Anais... Campo Grande: SOBER, 2010.

VIDAL, M. C. R. **Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea do Rio de Janeiro - Introdução à Ergonomia**. In: CESERG, 2003. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: 2003.

VINK, P.; KONINGSVELD, E. A. P.; & MOLENBROEK, J. F. **Positive outcomes of participatory ergonomics in terms of greater comfort and higher productivity**. Applied Ergonomics: 2006. 37(4), 537–546.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookmam. 2001.

WISNER, A. **Diagnosis in ergonomic or the choice of operating models in field research**. Ergonomics, 15, 6, 601-620, 1972.

ZHANG, B. et al. **Using ergonomic digital human modeling in evaluation of workplace design and prevention of occupational hazards onboard fishing vessels**: VIII International Conference on Occupational Risk Prevention. "Proceedings of the 8th International conference on occupational risk prevention". 2010, p. 1-9.

ZIOLEK, S. A.; KRUITHOF, P. C. J. **Human modeling & simulation**: a primer for practitioners. In: HFES, 44, 2000, San Diego, USA. Proceedings... San Diego: HFES, 2000.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AHONEN, M.; LAUNIS, M.; KUORINKA, T. **Ergonomic Worplace Analysis**. Finnish Institute of Occupational Health, 1989.

ALVES, M. C. S. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo da mandioca**, 2009. (Comunicado Técnico).

AMBROSI, D.; QUEIROZ, M. F. F. **Compreendendo o trabalho da costureira**: um enfoque para a postura sentada. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 29, n. 109, p. 11-19, 2004.

ANDERSOM, B. J. G.; ORTENGREN, R. (1974). **Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting**. Studies on an office chair. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 3, 104-14 (1974b), 3, 122-7 (1974), 3, 128-35 (1974).

BARBOSA, R. R.; SANTOS, J. E. G.; DEGANUTI, R. **Assento para trator**: projeto ergonômico. XIII SIMPEP - Bauru, 2006.

BARTH, D. C.; MACEDO, L. B. **Análise do impacto do rodízio no grau de risco postural e de desconforto de dor de trabalhadores na desossa de frango**. Procedings of ABERGO, 2008.

BRANDMILLER, P. A. **Perícia judicial em acidentes e doenças do trabalho**. São Paulo: SENAC, 1996.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do trabalho. **Nota Técnica 060/2001**. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora n° 17**. Brasília: Tem, SIT, 2002. 101 p.

CHAFFIN, D.; ANDERSSON, G.; MARTIN, B. **Occupational Biomechanics**. 3 ed. New York: John Willey and Sons, 1999.

CHANG, S. W; WANG M. J. J. **Digital human modeling and workplace evaluation: Using an automobile assembly task as an example**: Research Articles. Hum. Factor. Ergon. 2007. Manuf. 17, 5 (September 2007), 445-455. DOI=10.1002/hfm.v17:5 http://dx.doi.org/10.1002/hfm.v17:5

CHRISTOL, J.; MAZEAU, M. Questões epistemológicas sobre a ergonomia: algumas reflexões do ponto de vista de quem a pratica. In: **A Ergonomia segundo seus princípios**, 1996.

CRUZ, D. F. M. **Implementação da cinemática inversa de robôs redundantes operando em ambientes confinados no projeto roboturb**. Florianópolis, 2007. 136f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFSC.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 147 p.

FERNANDES, J. C. **Acústica e ruídos**. 2002. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/acustica/apostila.htm>. Acesso em: 02 maio 2013.

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

FIEDLER, N. C. **Avaliação da carga de trabalho físico e análise biomecânica de trabalhadores da carbonização em fornos tipo "rabo-quente"**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.853-858, 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rarv/v31n5/a09v31n5.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2013.

FONTANA, G. **Avaliação ergonômica do projeto interno de cabines de forwarders e skidders**. Piracicaba, 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de produto 2**. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 1998.

KILBON, A. **Repetitive Work of the Upper Extremity** – part II: the Scienfsific Basis (Knowledge/Base) for the Guide. International Journal of Industrial Ergonomics, 14:54-86, 1994.

LILJEDAHL, J. B. et al. **Tractors and their power units**. 4.ed. St. Joseph: ASAE, 1996. 463 p.

MORAES; A. **Aplicação dos dados antropométricos no dimensionamento da interface homem-máquina**: manequins antropométricos bidimensionais. Rio de Janeiro, 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – COPPE/UFRJ.

MORTENSON, M. E. **Mathematics for computer graphics applications**. 2.ed. New York: Industrial Press, 1999.

NACHEMSON, A.; ELFSTROM, G. **Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs**. Scandinavian Lournal of rehabilitation Medicine, Suppl. 1, 1970.

NAG, A.; DESAI, H.; NAG, K. **Work Stress of Women in Sewing Machine Operation**. J. HUMAN ERGOL., 1992; 21: 47-55.

NR-15 **Manual de aplicação da norma regulamentadora** n° 15. 1. ed., Brasília: MTE, SIT, 2002.

PRASAD, N.; TEWARI, V. K.; YADAV, R. Tractor ride vibration: a review. **Journal of Terramechanics**, v. 32, p. 205-219, 1995.

RIZZATTI, K.; D'ORSI, E. **Perfil epidemiológico dos cidadãos de Florianópolis quanto à exposição solar**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 20, p. 459-469, 2011.

SALIS, H. B. et al. **Apreciação e diagnose ergonômicas no trabalho dos operadores de colheitadeiras de arroz**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ERGONOMIA. 2002.

SANTOS FILHO, P. F. et al. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore** 27: 887-895, 2003.

SANTOS FILHO, A. G. ; MARTINS, A. P.; SANTOS, J. E. G. **O design ergonômico aliado à semiautomatização de funções para redução de inconvenientes posturais em posto de trabalho.** In: 5., 2009. Anais... Bauru: Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2009.

SILVA, M. J. et al. Cultura da mandioca. In: SILVA, M. J. da. (Org.). **Métodos e culturas Alternativas na agricultura familiar**. Campo Grande: UCDB, 2003, v.1, p. 13-54.

SILVERSTEIN, B.; FINE, L. J.; ARMSTRONG, T. J. Hand wrist cumulative trauma disoders in industry. **British Journal of Industrial Medicine**, 43: 779-784, 1986.

_____. Occupational Factors and Carpal Tunnel Syndrome. **American Journal of Industrial Medicine**, 11: 343-358, 1987.

SNOOK, S. H.; CIRIELLO, V. M. **The design of manual handling tasks:** revised tables of maximum acceptable weights and forces, Ergonomics, 34:9 1197-1213, 1991.

SOEIRO, N. S.; MELO, G. S. V.; OHANA, G. J. Vibrações e o corpo humano: uma avaliação ocupacional. **Acústica e Vibrações**, v. 43, p. 53-62, 2011.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. A cultura da mandioca. **Embrapa: Mandioca e fruticultura**, Brasília, v.8, n.8, p.1-38, jan. 2003.

SOUZA, S. R. P.; FISCHER, F. M.; SOUZA, J. M. P. Suntanning and risk of cutaneous melanoma: a literature review. **Revista de Saúde Pública**, v.38, n. 4, p. 588-598, 2004.

TAKEDA, F. **Configuração ergonômica do trabalho em produção contínua**: o caso de ambiente de cortes em abatedouro de frangos. Ponta Grossa, 2010. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VERDERI, E. **Programa de educação postural**. 2.ed. São Paulo: Phorte, 2005.

GLOSSÁRIO

Carcinógeno: refere-se a qualquer substância, isótopo, radiação ou outro agente físico ou biológico que provoque, agrave ou sensibilize o organismo para o surgimento de um câncer.

Cinemática Inversa: a cinemática direta de um manipulador fornece a posição e a orientação do efetuador no espaço operacional, uma vez que se conheça as variáveis de juntas. A cinemática inversa, por sua vez, consiste em determinar as variáveis de juntas correspondentes a uma dada posição e orientação do efetuador (CRUZ, 2007).

***Fueiros*:** estacas usadas para amparar a carga em carros de boi.

Maniva: nome dado ao caule do pé de mandioca, o qual, cortado em pedaços, é usado no plantio.

Melanoma cutâneo: tipo de câncer de pele que tem origem nos melanócitos (células produtoras de melanina, substância que determina a cor da pele).

Operações Booleanas: George Boole (1815-1864) inventou a álgebra utilizada para a combinação de conjuntos. Enquanto as operações algébricas são adição, subtração e multiplicação, na Álgebra Booleana, as operações são: união, interseção e diferença, chamadas de operações booleanas (MORTENSON, 1999).

Peak Motus ®: sistema de análise de movimentos que permite registrar o posicionamento e o deslocamento dos segmentos corporais a partir da marcação de pontos articulares de interesse.

Rama: ramos e folhagens das árvores ou de qualquer outro vegetal; ramada, ramagem.

APÊNDICES

APÊNDICE - A

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: Perfil e opinião dos usuários sobre conforto na operação de Plantadora de Mandioca.			2. Número de Sujeitos de Pesquisa: 10
3. Área Temática: Área 4. Equipamentos, insumos e dispositivos para saúde novos, ou não registrados no país.			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 3. Engenharias , Grande Área 6. Ciências Sociais Aplicadas			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: Daniel Augusto Ferrari			
6. CPF: 223.202.368-05	7. Endereço (Rua, n.º): Rua das Acácias n 503 Vila Lídia BATATAIS SAO PAULO 14300000		
8. Nacionalidade: BRASILEIRA	9. Telefone: (16) 3761-6840	10. Outro Telefone:	11. Email: daniel.ferrari@etec.sp.gov.br
12. Cargo:			

Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.

Data: 21 / 05 / 2013

Assinatura

INSTITUIÇÃO PROPONENTE		
13. Nome: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	14. CNPJ: 48.031.918/0029-25	15. Unidade/Órgão:
16. Telefone: (14) 3103-6000	17. Outro Telefone:	

Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.

Responsável: NILSON GHIRARDELLO CPF: 058.515.668-92

Cargo/Função: DIRETOR DA UNIDADE

Data: 06 / 05 / 2013

Assinatura

Prof. Dr. Nilson Ghirardello
Diretor da FAAC

PATROCINADOR PRINCIPAL

APÊNDICE - B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 CNS-MS)

Esta pesquisa objetiva investigar a relação do usuário (operador) com o equipamento (Plantadora de Mandioca modelo Maniva JM4320) quanto ao conceito de conforto, no que se diz respeito a: qual o significado do termo segundo opinião dos entrevistados. Pretende-se ainda avaliar a percepção do nível de conforto em relação às etapas do procedimento de trabalho, através de questionário com perguntas elaboradas em escala de Likert. Finalmente, utilizando o diagrama de Corllet e Manenica, questionar o usuário sobre possíveis dores ou desconforto após a operação do equipamento.

Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis, antes, durante e após a realização da tomada de dados, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Eu,_____estou ciente das informações descritas acima, concordo em participar da pesquisa e entendo que **as informações e imagens cedidas por mim são confidenciais, ou seja, autorizo a sua divulgação única e exclusivamente no meio científico e acadêmico, tendo a minha identidade totalmente preservada**. Sou voluntário e não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa não acarretará nenhum prejuízo para mim. Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO". Batatais, ___ de _____ de 2013.

_____
Assinatura do voluntário

Certificamos que foi explicado ao sujeito acima, a natureza, propósito, benefícios e possíveis riscos associados à sua participação nesta pesquisa, que respondemos todas as questões que nos foram realizadas e testemunhamos a assinatura acima.

Daniel Augusto Ferrari

Pesquisador
Rua das Acácias n° 503
Vila Lídia
Batatais – SP
CEP 14300-000
Telefone (16) 9121 9816

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos

Orientador
PPGDI – FAAC – UNESP
Av.Eng.Luiz Edmundo C. Coube, 14-01, Vargem Limpa
Bauru – SP
CEP 17033-360
Telefone (14) 3103 6057

APÊNDICE - C

unesp

Universidade Estadual Paulista
"Julio de Mesquita Filho"
UNESP - campus Bauru-SP
Programa de Pós-Graduação da
FAAC (Faculdade de
Arquitetura, Artes e
Comunicação)

QUESTIONÁRIO

Perfil e opinião dos usuários sobre "conforto" na operação da Plantadora de Mandioca modelo MANIVA JM 4320.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título: Perfil e opinião dos usuários sobre "conforto" na operação da Plantadora de Mandioca modelo MANIVA JM 4320.

Objetivos da pesquisa:
- Investigar o perfil do usuário (operador) da máquina Plantadora de Mandioca modelo MANIVA JM4320.
-Conhecer a opinião do usuário a respeito do assunto "conforto".
- Mensurar os níveis de conforto, com base em escala de Likert, realizando perguntas relacionadas à interface usuário x máquina.
- Identificar, através do diagrama de Corllet e Manenica (1980), as áreas que possivelmente possam trazer alguma dor ou desconforto.

Pesquisador responsável: Daniel Augusto Ferrari

Telefones para contato: 0 XX 16 3761 6840 - 0 XX 16 9121 9816
e-mail: daniel.ferrari@etec.sp.gov.br

Pesquisadores participantes:

Prof. Dr. Abílio Garcia dos Santos Filho
e-mail: abilio@feb.unesp.br

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos
e-mail: guarneti@feb.unesp.br

APÊNDICE - D

1-Nome:_____

2-Idade:_____

3-Sexo: ☐ masc. ☐ fem.

4-Altura_____

5-Quanto tempo de experiência na operação deste modelo de máquina?

6-Utiliza algum tipo de equipamento de proteção no momento da operação?

☐ Sim Se a resposta for "sim" quais?

☐Proteção para cabeça (chapeus, bonés)

☐Proteção para os olhos (óculos de segurança)

☐Proteção para os ouvidos (protetor auricular)

☐Proteção para respiração (mascaras tipo pff1)

☐Proteção para as mãos (luvas de raspa)

☐Proteção para os pés (botas, botinas)

☐Proteção solar (blusas, macacões, filtro solar)

☐Proteção contra chuva (capas impermeáveis)

☐ Não utilizo nenhum destes equipamentos citados acima.

7- No momento do plantio. Quanto tempo trabalha operando sem pausa?

8- O que é conforto para você?

_____

9- Você acha que deveria haver alguma melhoria na máquina? Se sim, qual(is) ?

_____

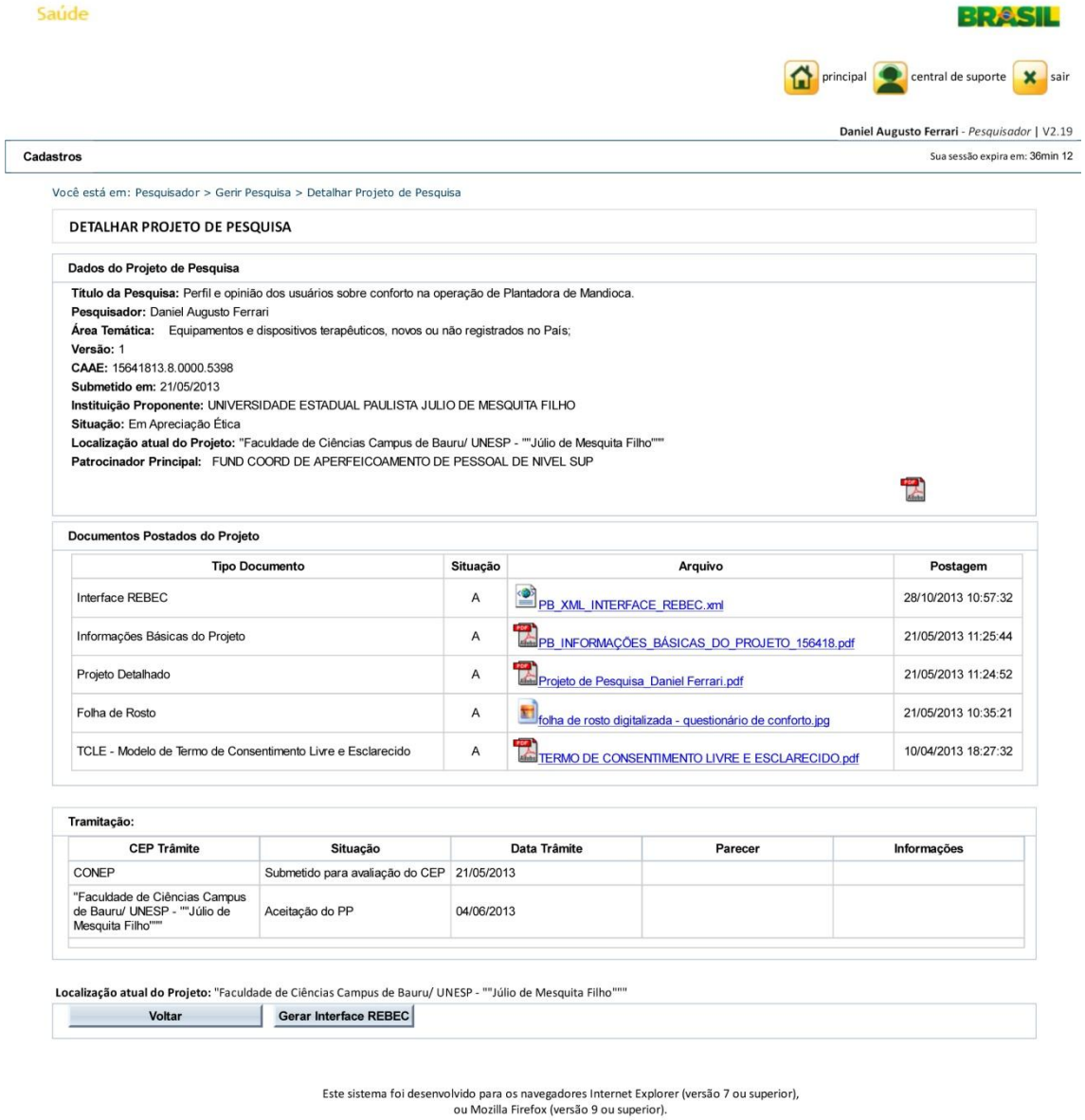
APÊNDICE - E

10- Indique com um "X" o nível de "conforto" em uma escala de 0 a 100.

EXEMPLO: DESEMPENHO DO SEU TIME DE FUTEBOL	**0** MUITO RUIM	X **100** MUITO BOM
OPERAR EM AMBIENTES COM CHUVA	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
OPERAR EM AMBIENTES COM SOL	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
OPERAR COM O RUÍDO PROVOCADO PELO TRATOR	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
OPERAR COM A TREPIDAÇÃO DA MÁQUINA	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
ESTOFAMENTO DO ASSENTO	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
ALTURA DO ASSENTO EM RELAÇÃO AO PISO	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
DISTANCIA DO ENCOSTO/ESPALDAR EM RELAÇÃO ÀS COSTAS	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
ALCANÇAR AS RAMAS NA BANDEJA	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL
VISUALIZAR AS RAMAS NO "BOCAL DE ALIMENTAÇÃO"	**0** DESCONFORTÁVEL	**100** CONFORTÁVEL

ANEXOS

ANEXO A



Saúde

BRASIL

principal | central de suporte | sair

Daniel Augusto Ferrari - *Pesquisador* | V2.19

Cadastros

Sua sessão expira em: 36min 12

Você está em: Pesquisador > Gerir Pesquisa > Detalhar Projeto de Pesquisa

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

Dados do Projeto de Pesquisa

Título da Pesquisa: Perfil e opinião dos usuários sobre conforto na operação de Plantadora de Mandioca.
Pesquisador: Daniel Augusto Ferrari
Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;
Versão: 1
CAAE: 15641813.8.0000.5398
Submetido em: 21/05/2013
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO
Situação: Em Apreciação Ética
Localização atual do Projeto: "Faculdade de Ciências Campus de Bauru/ UNESP - ""Júlio de Mesquita Filho"""
Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

Documentos Postados do Projeto

Tipo Documento	Situação	Arquivo	Postagem
Interface REBEC	A	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	28/10/2013 10:57:32
Informações Básicas do Projeto	A	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_156418.pdf	21/05/2013 11:25:44
Projeto Detalhado	A	Projeto de Pesquisa_Daniel Ferrari.pdf	21/05/2013 11:24:52
Folha de Rosto	A	folha de rosto digitalizada - questionário de conforto.jpg	21/05/2013 10:35:21
TCLE - Modelo de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	A	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.pdf	10/04/2013 18:27:32

Tramitação:

CEP Trâmite	Situação	Data Trâmite	Parecer	Informações
CONEP	Submetido para avaliação do CEP	21/05/2013		
"Faculdade de Ciências Campus de Bauru/ UNESP - ""Júlio de Mesquita Filho"""	Aceitação do PP	04/06/2013		

Localização atual do Projeto: "Faculdade de Ciências Campus de Bauru/ UNESP - ""Júlio de Mesquita Filho"""

Voltar | Gerar Interface REBEC

Este sistema foi desenvolvido para os navegadores Internet Explorer (versão 7 ou superior), ou Mozilla Firefox (versão 9 ou superior).

ANEXO - B

LOCALIZAÇÃO E GRAU DE DESCONFORTO POSTURAL

Posto ou produto: | Postura: | Duração: | Freqüência:

LADO ESQUERDO

DESCONFORTO → 1	2	3	4	5	6	7	Nº	PARTES DO CORPO
							1	Pescoço
							2	Costa superior
							3	Costa média
							4	Costa inferior
							5	Bacia
							11	Ombros
							12	Braços
							13	Antebraços
							14	Punhos
							15	Mãos
							19	Coxas
							20	Pernas
							21	Tornozelos e pés

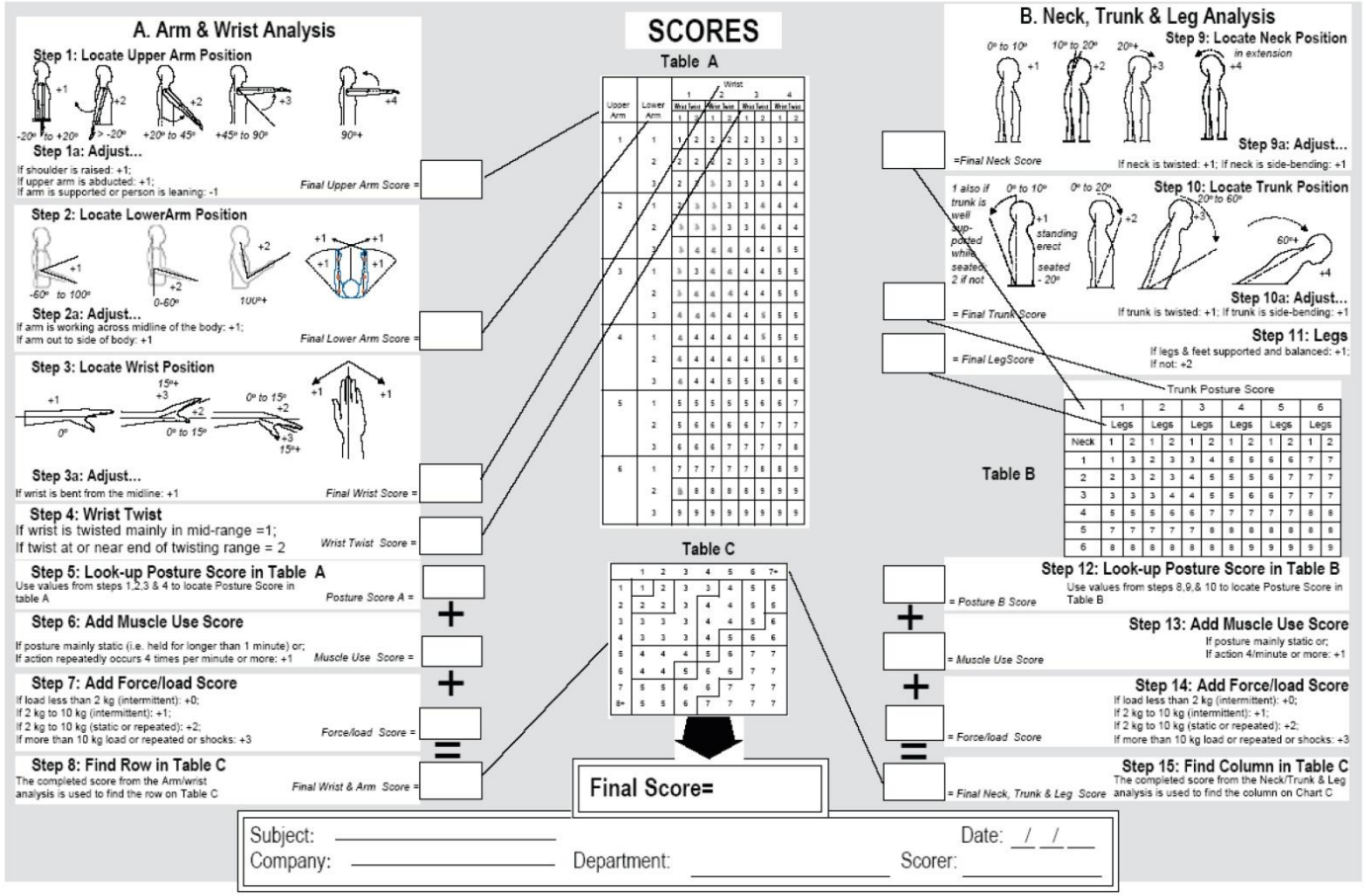
VISTA DE COSTAS

LADO DIREITO

PARTES DO CORPO	Nº	DESCONFORTO → 1	2	3	4	5	6	7
Pescoço	1							
Costa superior	2							
Costa média	3							
Costa inferior	4							
Bacia	5							
Ombros	6							
Braços	7							
Antebraços	8							
Punhos	9							
Mãos	10							
Coxas	16							
Pernas	17							
Tornozelos e pés	18							

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.



FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2) 91-99.

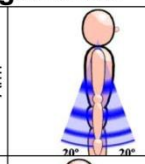
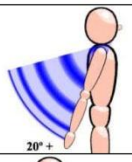
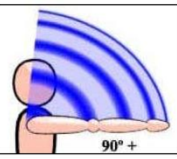
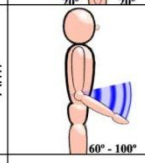
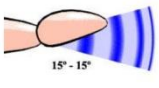
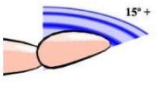
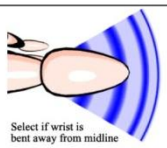
© Professor Alan Hedge, Cornell University. Feb. 2001

ANEXO - D

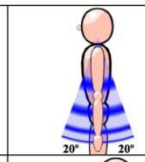
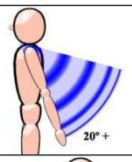
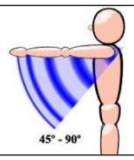
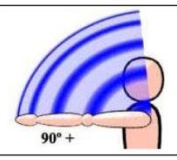
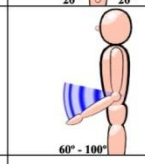
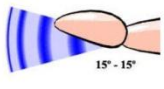
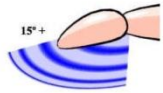
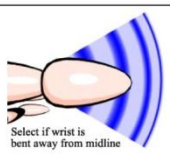
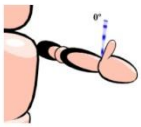
RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Client:	Date/time:	Assessor:

Right Side:

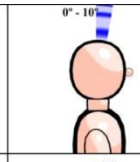
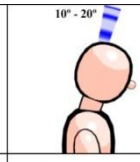
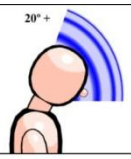
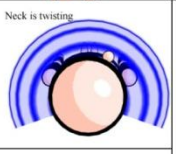
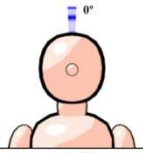
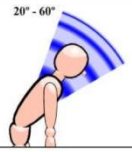
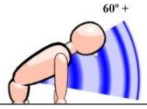
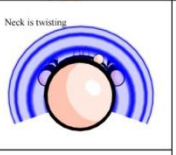
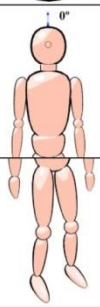
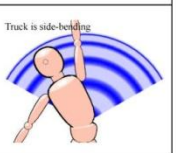
Right Upper Arm						❑ Shoulder is raised ❑ Upper arm is abducted ❑ Leaning or supporting the weight of the arm
Right Lower Arm					❑ Working across the midline of the body or out to the side	
Right Wrist						❑ Wrist is bent away from midline
Right Wrist Twist			Force & Load for the Right hand side	**SELECT ONLY ONE OF THESE:** ❑ No resistance ❑ less than 2kg intermittent load or force ❑ 2–10kg intermittent load or force ❑ 2–10kg static load ❑ 2-10kg repeated loads or forces ❑ 10kg or more intermittent load or force ❑ 10kg static load ❑ 10kg repeated loads or forces ❑ Shock or forces with rapid build-up		
Muscle Use	❑ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute					

Left Side:

Left Upper Arm						❑ Shoulder is raised ❑ Upper arm is abducted ❑ Leaning or supporting the weight of the arm
Left Lower Arm					❑ Working across the midline of the body or out to the side	
Left Wrist						❑ Wrist is bent away from midline
Left Wrist Twist			Force & Load for the Right hand side	**SELECT ONLY ONE OF THESE:** ❑ No resistance ❑ less than 2kg intermittent load or force ❑ 2–10kg intermittent load or force ❑ 2–10kg static load ❑ 2-10kg repeated loads or forces ❑ 10kg or more intermittent load or force ❑ 10kg static load ❑ 10kg repeated loads or forces ❑ Shock or forces with rapid build-up		
Muscle Use	❑ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute					

© 2001-2011

ANEXO - E

Neck					
Neck Twist					
Neck Side-bend					
Trunk					
Trunk Twist					
Trunk Side-bend					
Legs		Legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture.		Legs and feet are NOT evenly balanced and supported.	
Force & Load for the neck, trunk and legs	**SELECT ONLY ONE OF THESE:** ❑ No resistance ❑ less than 2kg intermittent load or force ❑ 2–10kg intermittent load or force ❑ 2–10kg static load ❑ 2-10kg repeated loads or forces ❑ 10kg or more intermittent load or force ❑ 10kg static load ❑ 10kg repeated loads or forces ❑ Shock or forces with rapid build-up				
Muscle Use	❑ Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute				

COPE

Whilst COPE Occupational Health and Ergonomic Services Ltd (COPE) and Osmond Group Limited (Osmond) have taken every care in preparing this resource, it must be used according to the guidelines based on the original article* by Prof E.N. Corlett and Dr L. McAtamney.

No responsibility will be taken by COPE or Osmond in the use of this resource.

RULA provides a score of a snapshot of the activity as part of a rapid screening tool. The user should refer to the original article* to check the detail of the scoring and correct use of RULA scores. Further investigation and actions may be required.

For further information on methodology, please refer to our on-line guidance at **www.rula.co.uk** or refer to:
McAtamney, L and Corlett, E.N. Reducing the risks of work related upper limb disorders - A guide and methods. Published by: Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK. (1992). Tel: +44 (0)115 9514005 for details.

*McAtamney, L. and Corlett, E.N. "RULA -: A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

Osmond Ergonomics