

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TRANSFORMAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MANUFATURA LINEAR EM CELULAR SEGUNDO
OS ASPECTOS MICRO E MACRO DA ERGONOMIA**

Daniela Fischer

Porto Alegre, 2000.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TRANSFORMAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA
LINEAR EM CELULAR SEGUNDO OS ASPECTOS MICRO
E MACRO DA ERGONOMIA**

Daniela Fischer

Orientador: Professor Dr. Lia Buarque de Macedo Guimarães

Banca Examinadora:

**Anamaria de Moarais, Dr.
Prof. Programa de Mestrado em Design / PUC - RJ**

**Gilberto Dias Cunha, Dr.
Prof. PPGEF / UFRGS**

**Francisco José Klieman Neto, PhD.
Prof. PPGEF / UFRGS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Área de concentração: Gerência da Produção

Porto Alegre, julho de 2000.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Luís Antônio Lindau, PhD.

Coordenador PPGEF / UFRGS

Banca Examinadora:

Anamaria de Moraes, Dr.

Prof. Programa de Mestrado em Design / PUC - RJ

Gilberto Dias Cunha, Dr.

Prof. PPGEF / UFRGS

Francisco José Klieman Neto, PhD

Prof. PPGEF / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Dedico esta dissertação de mestrado acadêmico aos meus sobrinhos Josh e Libby.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho: familiares, professores, colegas de trabalho do LOPP - Flávio Sanson Fogliatto, Fabiane Ely, Tatiana Maglia Pastre, Júlio van der Linden, Andrea Leal, Marcelo Hercílio Moutinho, Silvério Fonseca Kmita, Raimundo Diniz, e à amiga Fernanda Cristine Beux. Em especial, aos funcionários da ABB - Cachoeirinha, RS, que viabilizaram o estudo de caso desta dissertação, e a minha orientadora, Lia Buarque de Macedo Guimarães, por sua atenção e dedicação, indispensáveis para o bom andamento deste trabalho, e por ter me concedido a oportunidade de aprender e trabalhar com ergonomia.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
O TEMA E SUA IMPORTÂNCIA.....	2
JUSTIFICATIVA.....	5
ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	6
OBJETIVOS.....	7
<i>Objetivos específicos</i>	7
HIPÓTESES.....	8
<i>Hipóteses sobre os fatores físicos, subjetivos e/ou individuais</i>	9
<i>Hipóteses de produtividade</i>	10
MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	11
CAPÍTULO 2 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	13
SISTEMAS DE MANUFATURA	13
<i>Leiaute linear</i>	15
<i>Leiaute celular</i>	18
ERGONOMIA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	24
<i>Estudo de caso 1</i>	26
<i>Estudo de caso 2</i>	27
<i>Estudo de caso 3</i>	28
<i>Estudo de caso 4</i>	28
<i>Estudo de caso 5</i>	29
CAPÍTULO 3 - A ABB.....	31
UNIDADE DE NEGÓCIOS ABB - CACHOEIRINHA, RS	32
<i>Subsetor de montagem inicial polifásica</i>	39
<i>Medidores eletromecânicos polifásicos ativos</i>	39

CAPÍTULO 4 - INTERVENÇÃO ERGONÔMICA NO SUBSETOR DE MONTAGEM INICIAL POLIFÁSICA.....	47
APRECIAÇÃO ERGONÔMICA OU LEVANTAMENTO INICIAL	49
<i>Descrição da Linha de Montagem Inicial Polifásica.....</i>	<i>52</i>
<i>Equipamento DEMAG.....</i>	<i>57</i>
<i>Categorização dos problemas ergonômicos</i>	<i>59</i>
DIAGNOSE ERGONÔMICA	62
<i>Propostas de soluções</i>	<i>65</i>
PROJETAÇÃO ERGONÔMICA	66
<i>Concepção do novo sistema de montagem.....</i>	<i>66</i>
<i>Projeto do leiaute celular.....</i>	<i>67</i>
<i>Projeto do mobiliário e alocação dos meios de trabalho nos postos integrados da célula de montagem</i>	<i>84</i>
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
DOENÇAS OCUPACIONAIS (DORT) E ACIDENTES DO TRABALHO	111
FATORES SUBJETIVOS E/OU INDIVIDUAIS	114
PRODUTIVIDADE.....	120
<i>Coleta dos dados de produtividade</i>	<i>122</i>
<i>Agrupamento dos dados de produtividade por período.....</i>	<i>123</i>
<i>Agrupamento dos medidores eletromecânicos polifásicos ativos.....</i>	<i>124</i>
<i>Produtividade alcançada nos quatro períodos da intervenção.....</i>	<i>128</i>
<i>Produtividade das células C1, C2 e C3.....</i>	<i>132</i>
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	143
GLOSSÁRIO	149
ANEXO 1 - INFORMAÇÕES E DADOS COLETADOS DURANTE A APRECIAÇÃO ERGONÔMICA	153
ANEXO 2 - CATEGORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS ERGONÔMICOS	163

ANEXO 3 - COMPONENTES, DIMENSÕES E POSIÇÃO DOS RESPECTIVOS SUPORTES NOS POSTOS INTEGRADOS DA CÉLULA DE MONTAGEM INICIAL POLIFÁSICA	173
ANEXO 4 - QUESTIONÁRIOS.....	177
ANEXO 5 – PRODUTIVIDADE	187
ANEXO 6 - LEIAUTES DO CHÃO-DE-FÁBRICA DO SETOR DE MONTAGEM ELETROMECAÂNICA NOS QUATRO PERÍODOS DA INTERVENÇÃO.....	191

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da produtividade após a implantação da linha JEL. Fonte: Nagamachi, 1996.	27
Figura 2: Linha de produtos principais da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA, sendo a parte hachurada correspondente aos medidores alvo deste estudo.	34
Figura 3: Estrutura organizacional da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA - áreas e respectivos setores.	37
Figura 4: Subsetores do setor da montagem eletromecânica da área de manufatura. A parte hachurada corresponde ao subsetor de montagem inicial polifásica, foco principal deste trabalho.	38
Figura 5: Linha de montagem inicial polifásica.	52
Figura 6: Tipo de assento de trabalho utilizado na montagem inicial polifásica.	57
Figura 7: Equipamento DEMAG utilizado para desmagnetizar o conjunto freio dos medidores polifásicos com corrente igual a 15A e características de montagem padrão....	58
Figura 8: Exemplo de problema interfacial na linha de montagem.....	59
Figura 9: Exemplo de problema acional na linha de montagem.	60
Figura 10: Exemplo de problema movimentacional na linha de montagem.	60
Figura 11: Exemplo de problema acidental na linha de montagem.	61
Figura 12: Exemplo de problema operacional na linha de montagem.	61
Figura 13: Exemplo de problema informacional junto ao equipamento DEMAG.....	62
Figura 14: Espaço de preensão horizontal na altura da superfície de trabalho. Fonte: Grandjean, 1998.	87
Figura 15: Célula de montagem inicial polifásica - vistas superior e frontal.....	102
Figura 16: Célula de montagem inicial polifásica - cortes.	103
Figura 17: Posto integrado 1 da célula de montagem inicial polifásica. Note a quantidade de componentes sobre a bancada e no entorno do posto.	103
Figura 18: Posto integrado 2 da célula de montagem inicial polifásica.	104
Figura 19: Posto integrado 3 da célula de montagem inicial polifásica.	104

Figura 20: Trilhos (02) na bancada de trabalho do posto 1 para o deslizamento do dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente (à esquerda na gravura) da lateral esquerda da bancada até a área útil de trabalho e vice-versa.....	106
Figura 21: Entalhe na bancada de trabalho do posto 1 para posicionar a base do medidor segundo os planos vertical e inclinado quando da montagem e fixação dos eletroímãs de tensão na armação e base do medidor.	106
Figura 22: Dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor reprojetoado.	107
Figura 23: Número de pessoas envolvidas em cada evento.	109
Figura 26: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão em cada período da intervenção, onde onde as células C1, C2 e C3 representam o período P4.....	130
Figura 29: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.	137
Figura 30: Produtividade média mensal das células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.	138
Figura 31: Relatório de produção e perdas. Fonte: ABB, 1997.	188
Figura 32: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo aos períodos 1 e 2 da intervenção ergonômica.	192
Figura 33: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo ao período 3 da intervenção ergonômica.....	193
Figura 34: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo ao período 4 da intervenção ergonômica.....	194

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Turnos de trabalho ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA. Fonte: DHO. - nov/1999.	38
Tabela 2: Combinações entre o número de elementos motores e o número de fios para os modelos D8L 15A e T8L 15A com características de montagem padrão.....	40
Tabela 3: Peso dos medidores D8L 15A e T8L 15A, com características de montagem padrão, ao final dos postos da linha de montagem inicial polifásica.	53
Tabela 4: Dimensões da bancada de trabalho relativas às linhas de montagem inicial polifásica.....	55
Tabela 5: Dimensões dos apoios para os pés, tipos 1 e 2, relativas a linha 1.....	56
Tabela 6: Dimensões dos apoios para os pés, tipos 1 e 2, relativas a linha 2.....	56
Tabela 7: Dimensões do assento utilizado junto às linhas de montagem inicial polifásica.	57
Tabela 8: Dimensões do equipamento DEMAG e respectiva mesa de apoio.	58
Tabela 9: Operações principais e respectivos tempo de duração e operações precedentes relativas aos medidores T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão... ..	70
Tabela 10: Resultados de produtividade em cada sistema. Fonte: Nagamachi, 1996.	76
Tabela 11: Operações e processos principais (na seqüência otimizada) nos 3 postos integrados da célula de montagem inicial polifásica e respectivos tempos de ciclo estimados para cada posto. ..	79
Tabela 12: Elementos dos leiautes linear e celular relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características de montagem padrão.	80
Tabela 13: Demanda total (D_t) e Demanda média (D_m) dos medidores polifásicos relativo aos anos de 1996 e 1997.....	80
Tabela 14: Alturas de bancadas recomendadas para trabalhos manuais realizados na postura de pé. Fonte: Grandjean, 1998.....	89
Tabela 15: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.	91
Tabela 16: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.....	91
Tabela 17: Dimensões de projeto dos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.....	95

Tabela 18: Dimensões de projeto do apoio para os pés, comum para os 3 postos integrados da célula.....	95
Tabela 19: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.	98
Tabela 20: Dimensões finais dos três postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.....	101
Tabela 21: Dimensões finais do apoio para os pés.....	101
Tabela 22: Resultado do teste não-paramétrico <i>Wilcoxon Rank-Sum Test</i> , programa estatístico <i>Statgraphics Plus version 2</i> , 1995.	116
Tabela 23: Resultado das perguntas do questionário relativo ao sistema celular sobre <i>design</i> dos postos integrados da célula e posturas e movimentos assumidos durante o trabalho.	118
Tabela 24: Número de repetições em cada grupo de medidores nos quatro períodos da intervenção.	127
Tabela 25: Resultados do Teste F para o modelo T8L 15A padrão.	128
Tabela 26: Resultados do Teste F para o modelo D8L 15A padrão.....	128
Tabela 27: Resultado da comparação múltipla de médias entre os cenários/períodos da intervenção ergonômica para o modelo D8L 15A padrão, onde as células C1, C2 e C3 representam o período P4.	129
Tabela 28: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A com características de montagem padrão em cada período da intervenção.....	130
Tabela 29: Diferenças de produtividade média entre os cenários/períodos da intervenção ergonômica relativas ao medidores T8L 15A padrão e D8L 15A padrão.....	131
Tabela 30: Resultados do Teste F para o modelo T8L 15A padrão.	132
Tabela 31: Resultados do Teste F para o modelo D8L 15A padrão.....	132
Tabela 32: Resultado da comparação múltipla de médias entre as células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.	133
Tabela 33: Resultado da comparação múltipla de médias entre as células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.....	134
Tabela 34: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão nas células C1, C2 e C3.	135
Tabela 35: Diferenças de produtividade média (em %) entre as células C1, C2 e C3 relativas ao medidores D8L 15A padrão e T8L 15A padrão.....	135

Tabela 36: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.	136
Tabela 37: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.	137
Tabela 38: Operações principais nos postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG e respectivos tempos para os medidores D8L 15A e T8L 15A padrão.	154
Tabela 39: Componentes, dimensões das respectivas caixas acondicionadoras, prateleiras, suportes e vazados e posição dos componentes, ferramentas, dispositivos e equipamentos nos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.	173
Tabela 40: Média aritmética das perguntas dos questionários.	184
Tabela 41: Matriz de associação entre as respostas das perguntas 15 e 16 do questionário relativo ao leiaute celular.....	186
Tabela 42: Fichas técnicas dos medidores fabricados entre jan/97 a ago/99 dado o agrupamento dos tipos de medidores segundo suas semelhanças quando da montagem inicial polifásica.....	189

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e limitações do leiaute linear. Fonte: Silveira (1998).....	16
Quadro 2: Evolução das linhas de produção: do modelo tradicional para o contemporâneo. Fonte: Silveira (1998).....	17
Quadro 3: Vantagens e limitações do leiaute celular. Fonte: Silveira (1998).	20
Quadro 4: Quadro comparativo entre os leiautes linear e celular.....	24
Quadro 5: Local de estabelecimento das unidades de negócios ABB no Brasil e respectivos produtos principais.	32
Quadro 6: Cronograma das atividades realizadas junto à empresa tal como aconteceram.	109
Quadro 7: Tarefas, queixas relacionadas com DORT e causas prováveis nos postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG.....	112
Quadro 8: Tarefas, queixas relacionadas com DORT e causas prováveis nos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.	113
Quadro 9: Períodos e respectivos cenários da intervenção ergonômica junto ao setor de montagem eletromecânica.	124
Quadro 10: Características dos medidores e respectivas implicações quando das atividades da montagem inicial e pré-calibração polifásicas a partir do medidor eletromecânico polifásico ativo padrão.	125
Quadro 11: Meses críticos nos quais as atividades de produção no sistema celular foram interrompidas.	139
Quadro 12: Lista dos componentes implicados na montagem inicial polifásica relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características padrão.....	153
Quadro 13: Ferramentas e dispositivos manuseados junto à linha de montagem inicial polifásica.....	154
Quadro 14: Categorização dos problemas ergonômicos junto ao equipamento DEMAG conforme proposto por Moraes (1998).....	171

RESUMO

Esta dissertação consiste no estudo das condições de trabalho e proposta de reprojeto de uma linha de montagem manual de medidores polifásicos de energia elétrica, nos moldes taylorista-fordista de produção. Com base nos fatores humanos e organizacionais relacionados com o trabalho e com as questões de produção, buscou-se a reestruturação da organização do trabalho, a concepção e o dimensionamento da tarefa a cargo de cada operador, do sistema de manufatura e do respectivo mobiliário e a adequação das ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos. A abordagem participativa foi utilizada no levantamento, análise, proposição e validação de soluções. Desde o início, todas as questões foram discutidas entre o pessoal do LOPP/PPGEP/UFRGS e o Comitê de Ergonomia (COERGO) organizado na empresa, representado por profissionais de diferentes áreas e os próprios operadores da montagem. As melhorias propostas foram implementadas e validadas em conjunto com os funcionários da empresa. Foram coletados dados sobre a saúde física do trabalhador, fatores físicos, individuais e/ou subjetivos e a produtividade. As melhorias geradas pela intervenção ergonômica contribuíram para a redução dos custos humanos do trabalho, ou seja, do índice de distúrbios osteomusculares em membros superiores e acidentes do trabalho. Os trabalhadores consideraram as mudanças ergonômicas benéficas para a sua saúde e para a melhoria das relações entre os colegas de célula. Houve aumento significativo de produtividade dependendo do modelo do medidor e do período da intervenção ergonômica. Diante dos resultados, este trabalho de dissertação mostra que é possível minimizar problemas nas empresas pela consideração dos aspectos micro e macro da ergonomia nas questões da produção e os benefícios são mútuos para os sistemas humano e produtivo.

ABSTRACT

This dissertation investigated the traditional work conditions and the effects of the new system redesigned and implemented in an electrical meter manufacture. The macroergonomic approach used to model the new system restructured work organization (the task and production issues like plant layout) and workstation conception and design. Problems and solutions were raised and commented with workers and managers as prescribed by participatory ergonomics. The solutions proposed were implemented. Collected data about osteomuscular diseases, work related accidents, psychophysical health and productivity of the electrical meter manufacture in the traditional (line layout) and proposed one (cellular) systems were compared. The workers considered the ergonomic improvements as a benefit to health and coworkers relationship. Data about work related injuries indicate a reduction in the incidence of injuries after the ergonomic programme. Productivity tended to increase depending on the assemblage complexity and plant layout. Based on the results, this study shows the effectiveness of ergonomics in minimizing the company's problems by considering both the micro and macro ergonomic aspects: benefits are reciprocal to human and productive systems.

Capítulo 1 - Introdução

O panorama social, econômico e político e as potencialidades e limitações de uma época, condicionam modelos de gestão da produção. Neste início de milênio, por exemplo, o critério da produtividade consiste na rapidez de resposta das empresas às mudanças do mercado inserido num contexto de livre abertura do comércio entre países. Ou seja, implica em um modelo de gestão da produção flexível e eficiente, com habilidades e capacidade para produzir um *mix* de produtos de qualidade em lotes de produção com tamanhos variáveis e a baixo custo.

A estrutura taylorista-fordista, que suporta o modelo da produção em massa, constitui, ainda, embora em versões modificadas, a base da organização da produção de muitas indústrias até hoje. Entretanto, dado ao contexto vigente, esta estrutura constitui-se em uma ameaça à sobrevivência destas empresas à medida que as forças produtivas encontram-se em oposição às relações da produção vigentes - flexibilidade, respostas rápidas, baixos custos, etc. Ou seja, não concede destreza para competir no mercado.

Por outro lado, devido a intensa divisão do trabalho, decorrente do sistema de produção taylorista-fordista, a relação do homem com seu trabalho ganhou pouca importância quando comparada à necessidade de adequação dos ritmos das linhas ou dos equipamentos empregados. Como decorrência à parcialização do trabalho, o número de atividades desempenhadas pelo operador se viu reduzida, enquanto que aumentou o número de movimentos repetitivos, automatizados e estressantes, realizados em tempos cada vez mais reduzidos. A composição da tarefa se viu reduzida a uma parcela mínima de atividades o que não permite o envolvimento por parte do trabalhador, ao contrário, retira-lhe qualquer controle sobre o seu próprio processo de trabalho. Ainda, dado ao modo de gestão dos recursos humanos e físicos, inerente ao sistema taylorista-fordista, o trabalhador, igualmente, não dispõe de autonomia para intervir sobre as condições de seu ambiente de trabalho - organizacional, físico, afetivo-emocional.

Em resposta a este sistema de produção, o número de empregados afastados por doenças ocupacionais e os índices de insatisfação em relação ao trabalho e à organização, ou seja, os custos humanos do trabalho, têm crescido consideravelmente. Da mesma forma, as despesas com indenizações trabalhistas, dado as doenças ocupacionais e as leis trabalhistas vigentes, e os custos de produção, devido a baixa produtividade, retrabalho e absenteísmo.

Diante deste contexto, a tendência dessas empresas tem sido a de reciclarem seus sistemas produtivos, vistas à sua adequação. De um modo geral, a grande maioria está voltada para a adequação dos elementos físicos do sistema produtivo, especificamente os relacionados com o(s) produto(s) e o sistema de manufatura, como por exemplo, desenvolvimento de novos produtos, melhorias nas operações e processos, introdução de novas tecnologias, sendo pouca a ênfase para o homem que trabalha. Tal como naquela época, fatores relacionados com o ser humano, tais como suas capacidades e limitações, necessidades e desejos, saúde física e mental, não vêm sendo considerados. As preocupações em relação ao ser humano, geralmente, giram em torno da satisfação das necessidades primárias (alimentação, pausas, horários de trabalho) e, em algumas empresas, para o estado de espírito dos funcionários (motivação e satisfação).

Considerando-se esta tendência e os preceitos da ergonomia, pode-se dizer que uma nova estrutura produtiva vem sendo construída mas com os mesmos problemas da organização de trabalho taylorista-fordista no tocante ao ser humano - doenças ocupacionais, desinteresse pelo conteúdo do trabalho, por exemplo.

Embora haja empresas seguindo este caminho, ou seja, ainda têm a concepção de que trabalho não é lazer, ou ainda, é um castigo necessário, uma nova geração de empresas vem emergindo, cuja contrapartida reside na consideração dos fatores humanos e organizacionais nas questões da produção.

Nesse sentido, este trabalho de dissertação trás a foco a transformação de um sistema de manufatura linear em celular com base nos fatores humanos e organizacionais envolvidos no trabalho e nas questões de produção.

Nos itens a seguir deste capítulo apresenta-se o tema e sua importância, os objetivos e as hipóteses, o escopo e a delimitação desta pesquisa, a justificativa e o método de desenvolvimento do trabalho. E, num último momento, dispõe-se sobre os capítulos que serão abordados na seqüência.

O tema e sua importância

Em linhas gerais, esta dissertação consiste no estudo das condições de trabalho e proposta de reprojeto de uma linha de montagem manual do tipo taylorista-fordista destinada à

montagem manual de medidores polifásicos de energia elétrica. Com base nos fatores humanos e organizacionais relacionados com o trabalho e com as questões da produção, buscou-se a reestruturação da organização do trabalho, a concepção e o dimensionamento da tarefa a cargo de cada operador, do sistema de manufatura e do respectivo mobiliário e a adequação das ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos. As melhorias propostas foram implementadas e validadas em conjunto com os funcionários da empresa.

Como importante parcela do sistema produtivo, não só os níveis de adequação tecnológica se fazem importantes nos ganhos de produção, mas também a correta adequação do homem no sistema de produção.

Nesse sentido, este trabalho trás a foco a ergonomia, ciência que objetiva a adaptação do trabalho ao homem. Mais particularmente, os aspectos micro e macro da ergonomia relacionados com o trabalho e com as questões da produção.

Tanto a microergonomia quanto a macroergonomia têm como foco o ser humano e objetivam a adequação das condições de trabalho às características, capacidades e limitações do ser humano. Atuam no sentido de eliminar os problemas na origem, mas, dado ao enfoque de cada uma, as variáveis consideradas para a resolução dos problemas diferem entre si.

A abordagem micro da ergonomia procura adequar o sistema homem-máquina quanto às questões cognitivas e físicas do ser humano e os elementos do ambiente físico, tais como ruído e vibração, vistas à melhoria dos níveis de conforto e de segurança do trabalhador. O processo de análise/correção nos moldes microergonômicos, por exemplo, procura adequar essa linha de montagem manual quanto à adequação dos aspectos físicos e/ou cognitivos dos postos de trabalho e máquinas-ferramentas ao homem. Sob o ponto de vista físico, apenas são relevantes problemas de manipulação associados com as posturas adotadas, tais como alcances, acionamentos, emprego de força, posturas e movimentos adotados. Sob o ponto de vista cognitivo, elementos de interface no tocante à transferência/processamento de informações dos meios de trabalho ao homem, para a execução das atividades. O processo de composição da tarefa e o ambiente psico-social não estão em questão. Ou seja, implantadas as medidas de adequação microergonômica, as atividades devem ser realizadas respeitando os mesmos seqüenciamentos e tempos de operação.

A abordagem macroergonômica trás a foco interações no contexto social e organizacional voltado para a melhor adequação do processo de produção e concepção de sistemas produtivos. Como base fundamental à sua aplicação, o processo participativo verifica-se ao longo de toda a intervenção ergonômica.

O processo empregado para a abordagem/resolução do problema neste trabalho não está voltado somente à adequação física e interfacial do sistema homem-máquina, fator primordial à adequação do homem à sua atividade, mas também à organização do trabalho - ao processo de enriquecimento da tarefa e delegação de responsabilidades, e às relações interpessoais de ordem afetivo-emocional, a fim de melhor enquadrar o homem em seu meio de trabalho. A intervenção ergonômica dá-se segundo os moldes da ergonomia participativa, onde os problemas são levantados, analisados, resolvidos e implementados conjuntamente com os trabalhadores da empresa. Parte-se do pressuposto que aqueles que trabalham são as pessoas mais indicadas para informar os problemas que acontecem no dia-a-dia e, igualmente, as soluções, a partir dos recursos próximos que se dispõe.

Este trabalho contribui no tocante à adequação de elementos de um sistema de produção - tarefas, leiaute, meios de trabalho e ambiente psico-social, configurado segundo os moldes taylorista-fordista, pela consideração dos fatores humanos e organizacionais relacionados com o trabalho e com as questões de produção. Mostra que é possível reverter problemas nas empresas pela reestruturação dos aspectos microergonômicos, tais como adequação dos postos de trabalho e máquinas-ferramentas, e das questões macroergonômicas, como por exemplo, conteúdo das tarefas e leiaute, tendo assegurados o conforto e a saúde física e mental dos trabalhadores e a eficácia do sistema. Por outro lado, que a consideração integrada dos aspectos micro e macro da ergonomia e o método participativo, agregam mais valor do que uma abordagem isolada.

As vantagens são mútuas para os sistemas humano e produtivo. O homem que trabalha beneficia-se com uma melhor qualidade de vida. Tem sua saúde física e mental asseguradas à medida que suas capacidades e limitações, necessidades e desejos são atendidos de forma diferenciada. A empresa, de um lado, beneficia-se com incrementos de produtividade associados à eficácia do sistema, minimização dos custos humanos do trabalho (tendinites, dores, estresse, por exemplo) e ao aumento da satisfação dos trabalhadores. Por outro lado, com a redução das despesas com indenizações trabalhistas

relacionadas com doenças ocupacionais e acidentes no trabalho dado às Leis de Trabalho relativas à Segurança e à Medicina no Trabalho vigentes.

Justificativa

Diversos problemas enfrentados por empresas, entre eles, baixa produtividade, doenças ocupacionais, acidentes no trabalho, na sua maioria, são resultantes de inconsistências entre os sistemas produtivo e humano; decorrem de incompatibilidades entre os elementos físicos do sistema de produção e os fatores humanos do trabalho - fisiológicos, físicos, cognitivos e psicológicos.

A organização do trabalho, as atividades da tarefa, os postos e os meios de trabalho, o ambiente físico e social, exercem sobre o trabalhador um certo número de constrangimentos, exigindo-lhe gastos de natureza diversas: física, mental, emocional, afetiva. Dependendo das condições psico-físicas dos trabalhadores e da penosidade do(s) constrangimento(s), estes podem implicar em cargas de trabalho e, por sua vez, em custos humanos do trabalho (que por definição são resultantes dos acidentes e incidentes da carga de trabalho) e custos para a organização.

Embora poucas empresas brasileiras venham implantando programas ergonômicos, entende-se que no atual contexto econômico, político e social é importante que o sistema fabril satisfaça as necessidades e desejos dos clientes externos e internos e que responda rapidamente às mudanças da demanda. Ou seja, que disponha de um sistema produtivo eficiente, confiável e de baixo custo, onde o trabalho seja estimulante, fácil de executar, seguro e confortável para o homem que o realiza.

Diante disso, justifica-se este trabalho que dispõe da inserção dos aspectos micro e macro da ergonomia no meio produtivo, mais precisamente, que apresenta a concepção e o projeto de um sistema de manufatura, com base nos fatores humanos e organizacionais relacionados com o trabalho e com as questões de produção.

Escopo e delimitação do trabalho

Em busca de uma melhor adequação de seu sistema produtivo, a ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA, uma empresa do setor eletromecânico do grupo empresarial Asea Brown Boveri, localizada no distrito industrial de Cachoeirinha, RS, vem desenvolvendo um trabalho de readequação das relações homem-máquina ao longo de toda a empresa. No período compreendido entre agosto/1997 e outubro/1999 as atividades foram desenvolvidas em parceria com a equipe de Ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS, dentro de uma perspectiva macroergonômica. Em outubro/97 deu-se início às atividades desta dissertação, as quais foram desenvolvidas até agosto/99.

No primeiro contato com a empresa foi exposto o método "macro" de intervenção ergonômica a todos os interessados (trabalhadores, gerência, pessoal responsável pela saúde e segurança). Neste momento, foi feita uma breve explanação sobre o que é ergonomia, principalmente a macroergonomia e o método de trabalho proposto por Guimarães (2000) - Análise Macroergômica do Trabalho (AMT). Foi esclarecida a importância da participação de todos, em todos os momentos da intervenção, e organizado um Comitê de Ergonomia (COERGO) com representantes de diversas áreas da empresa. A estes caberia o levantamento e a análise dos problemas e a proposição de soluções em conjunto tendo em vista o posto de trabalho, a organização do trabalho e a qualidade de vida dos trabalhadores como um todo.

Após esta primeira exposição deu-se início ao levantamento inicial de dados, o qual compreendeu os setores de montagem eletromecânica e de fabricação de componentes e o produto, no caso, medidores de energia elétrica, versões polifásico e monofásico. Posterior a esta apreciação, uma nova reunião coletiva foi realizada para apresentar os problemas levantados e montar a estratégia de intervenção junto à empresa. Nesse momento, foram discutidos e priorizados os problemas, sendo evidenciada a necessidade de documentação mais detalhada (filmagem, análise biomecânica, entrevistas, questionário) e levantamento de documentação quanto à produtividade, retrabalho e condições de saúde dos empregados que seriam os indicadores utilizados para avaliar, em diversos momentos, o desempenho da intervenção.

O interesse inicial da empresa era efetuar um estudo microergonômico no subsetor de montagem final, do setor de montagem eletromecânica, que na ocasião apresentava o

maior número de queixas de dor, sintomas e suspeitas de Doenças Osteomusculares Relacionadas com o Trabalho (DORT). Após a reunião coletiva, a empresa entendeu que seus problemas não seriam solucionados revendo-se apenas o *design* dos postos de trabalho. Era preciso, também, rever a organização do trabalho, o sistema de manufatura e o produto fabricado. Igualmente, que a intervenção nos moldes macroergonômicos deveria iniciar no início do processo de montagem, protelando-se a ação no subsetor de montagem final.

Os estudos, que tiveram início com os medidores mais complexos, isto é, versão polifásica, englobaram a concepção/correção de todo o sistema de montagem eletromecânica polifásica e monofásica - montagem inicial e final, aferição e testes de funcionamento, e reprojeção do produto (versão monofásica), a fim de melhor adaptá-lo para a montagem. Compreenderam, também, melhorias no ambiente de trabalho (físico e psico-social).

Embora a intervenção ergonômica realizada pela equipe do LOPP/PPGEP/UFRGS em conjunto com a empresa tenha compreendido diferentes eventos e todos os subsetores do setor da montagem eletromecânica, o estudo de caso desta dissertação de mestrado acadêmico delimita-se à reestruturação do sistema de manufatura do subsetor de montagem inicial polifásica.

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é analisar, segundo critérios micro e macro da ergonomia, a transformação do sistema de manufatura linear, dedicado à montagem manual de medidores de energia elétrica eletromecânicos polifásicos, em um sistema de trabalho mais rico para o ser humano, no caso, o sistema celular.

Objetivos específicos

- (a) reprojeter o trabalho da montagem manual polifásica eletromecânica inicial, alargando e enriquecendo a tarefa a cargo de cada operador, com base nas capacidades e limitações cognitivas e físicas do ser humano e nas necessidades e exigências do tarefa;
- (b) otimizar o processo de montagem;

- (c) projetar o leiaute celular a partir do leiaute vigente, isto é, linear, eliminando/minimizando os problemas inerentes e decorrentes neste leiaute e incorporando as questões de produção e os fatores humanos e organizacionais relacionados com o trabalho;
- (d) projetar o mobiliário da célula adequado às necessidades e exigências da tarefa e às características antropométricas da população usuária e em respeito aos princípios da biomecânica ocupacional;
- (e) adequar ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos às necessidades e exigências das operações, considerando as questões antropométricas e biomecânicas;
- (f) alocar os componentes, ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos nos postos de trabalho em respeito às questões cognitivas, físicas, biomecânicas e de produção;
- (g) melhorar o ambiente de trabalho quanto aos fatores do ambiente psico-social;
- (h) conceder a oportunidade de os trabalhadores intervirem sobre as condições de seu trabalho - tarefas, ferramentas, ambiente organizacional, e viabilizarem melhorias;
- (i) estimular o exercício da multidisciplinaridade e o trabalho em equipe entre os funcionários de diferentes áreas de conhecimentos e níveis hierárquicos dentro da organização de trabalho da empresa;
- (j) transferir conhecimentos para os funcionários interessados da empresa no tocante às questões micro e macro da ergonomia.

Hipóteses

As hipóteses foram elaboradas a partir da revisão de literatura. Compreenderam fatores físicos, subjetivos e/ou individuais e de desempenho relacionados com o trabalho nos leiautes linear e celular. A seguir, as mesmas são apresentadas.

Hipóteses sobre os fatores físicos, subjetivos e/ou individuais

Hipótese 1: o alargamento e o enriquecimento da tarefa a cargo de cada operador e a adequação dos postos e meios de trabalho às características do ser humano contribuirá para a redução dos casos de queixas de dor, sintomas e afastamentos relacionados com DORT;

Hipótese 2: quão menor o tempo de ciclo, mais repetitivo e monótono é o trabalho. Trabalhos repetitivos, monótonos, estimulam negativamente a atividade cerebral, gerando fadiga (Nagamachi, 1996). Nesse sentido, posterior ao período de aprendizagem, adaptação e automatização das atividades da tarefa no sistema celular, espera-se que a sensação de cansaço e de fadiga, ao final de um dia de trabalho no leiaute celular seja inferior a percebida no leiaute linear dado ao alargamento e enriquecimento do trabalho;

Hipótese 3: a ampliação das atividades a cargo de cada operador sugere o aumento da satisfação dos trabalhadores (Nagamachi, 1996). Nesse sentido, o alargamento e o enriquecimento do trabalho contribuirá para aumentar a satisfação dos trabalhadores em relação ao seu trabalho no sistema celular;

Hipótese 4: o trabalho em grupo pode trazer benefícios como, por exemplo, integração entre os integrantes do grupo (Novaes, 1976). No sistema celular, os trabalhadores serão organizados em pequenos grupos o que contribuirá no sentido de melhorar as relações pessoais entre os colegas;

Hipótese 5: indivíduos com baixo índice de socialização têm dificuldades de adaptação social, trabalhos realizados em grupo, etc (...) (Novaes, 1976). Nesse sentido, acredita-se que determinados indivíduos rejeitarão o novo sistema à medida que o mesmo terá por base o trabalho em pequenos grupos;

Hipótese 6: no novo sistema de montagem os operadores passarão a realizar mais operações que quando da antiga linha de montagem o que implicará no aprendizado de novas operações. Segundo Uzumeri e Nembhard (1995), os estudos na área de aprendizagem no meio industrial têm focado mais aspectos relacionados com a cognição e resolução de problemas, sendo pouca a ênfase para o processo de aprendizado motor/aquisição de habilidades. Em decorrência, consideram que a maior lacuna nesta área de conhecimento, reside, justamente, no aprendizado de trabalhadores que operam linhas de montagem manual, o qual implica, basicamente, na aquisição de habilidades motoras.

Nesse sentido, objetiva-se verificar qual a opinião dos trabalhadores sobre o aprendizado das atividades da tarefa nos leiautes linear e celular.

Hipótese 7: Segundo Nagamachi (1996), “(...) se as pessoas na organização participam da tomada de decisões elas são capazes de experienciar a utilização de suas habilidades e discernimento (julgamento). Como resultado, esse tipo de situação fornece às pessoas um sentimento de responsabilidade e comprometimento com a organização”. A participação de todos os trabalhadores envolvidos no trabalho, tanto de concepção quanto de operação, garante um maior envolvimento e, por conseguinte, maior índice de sucesso nas modificações propostas para melhorar as condições de trabalho (Fogliatto e Guimarães, 1999). O trabalho na empresa seguirá a abordagem da ergonomia participativa, onde os trabalhadores participarão no levantamento dos problemas, proposição e validação de soluções. Isto contribuirá para os trabalhadores sentirem-se comprometidos e responsáveis pelo seu posto de trabalho.

Hipóteses de produtividade

Com base no estudo de caso realizado na planta de Fukuyama da Mitsubishi Electric's por Nagamachi (1996), espera-se que:

Hipótese 1: nos três primeiros meses de atividades no sistema celular haverá incrementos contínuos de produtividade, sendo que no final do 3^o mês a produtividade no leiaute celular será igual a do leiaute linear. Ou seja, os 3 primeiros meses pós-implantação do novo sistema correspondem ao período de aquisição e desenvolvimento de habilidades e de formação de engramas.

Hipótese 2: do 4^o ao 7^o mês não haverá incrementos de produtividade, ou seja, durante este período a produtividade do leiaute celular manter-se-á constante e apresentará a mesma produtividade do leiaute anterior, isto é, da linha de montagem inicial polifásica. Entende-se que este período corresponde ao de adaptação do processamento sensorial-cognitivo-motor.

Hipótese 3: a partir do 8^o mês haverá pequenos incrementos na produtividade mensal. Entende-se este período como sendo o de maximização e automatização do processamento sensorial-cognitivo-motor.

Hipótese 4: após 1 ano e 5 meses a produtividade no leiaute celular será 57% superior a do leiaute linear. Acredita-se que este incremento seja decorrente da experiência dos funcionários.

Método de desenvolvimento do trabalho

Esta dissertação está estruturada da forma como foi desenvolvido o trabalho na ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA, empresa onde se realizou o estudo de caso. Os passos e procedimentos efetuados consistiram em:

- (a) Definição do objetivo;
- (b) Revisão bibliográfica;
- (c) Definição das hipóteses, das variáveis e do sistema de avaliação, no tempo, para a comprovação das hipóteses;
- (d) Planejamento e programação da pesquisa:
 - definição dos métodos e/ou técnicas de investigação, avaliação e validação das soluções propostas e de acompanhamento do sistema celular pós-implantação,
 - definição dos materiais de apoio;
- (e) Levantamento inicial de informações e dados em campo;
- (f) Estruturação/esquematização das informações e dos dados coletados em campo;
- (g) Análise dos dados coletados (investigação das inconsistências) e discussão junto à empresa;
- (h) Proposição de soluções;
- (i) Avaliação e validação das soluções propostas;
- (j) Implantação do experimento;
- (k) Coleta de dados relacionados com a saúde física dos trabalhadores - leiautes linear e celular;

- (l) Aplicação de questionários - leiautes linear celular;
- (m) Coleta de dados de produtividade - leiautes linear e celular;
- (n) Processamento dos dados;
- (o) Análise e discussão dos resultados;
- (p) Conclusão e recomendações.

No capítulo 2 apresenta-se a revisão de literatura sobre a ergonomia e a organização do trabalho.

A empresa na qual foi realizado o estudo de caso desta dissertação é apresentada no capítulo 3. Num primeiro momento, apresenta-se o grupo empresarial a qual pertence, abordando aspectos como sua origem, segmentos de atuação, produtos e metas da organização. A seguir, descreve-se a empresa que cooperou com este trabalho, conta-se o início de sua história e dispõe-se sobre aspectos do ambiente construído, quadro de pessoal, estrutura organizacional, produtos fabricados, etc...

No capítulo 4, apresenta-se a intervenção ergonômica realizada no subsetor de montagem inicial polifásica segundo as etapas da Análise Macroergonômica do Trabalho (Guimarães, 2000) - apreciação, diagnóstico, projeção ergonômica, validação e otimização do sistema, dentro de uma abordagem participativa.

No capítulo 5, apresenta-se o sistema de avaliação e respectivas variáveis, os resultados obtidos quanto a saúde dos trabalhadores, fatores físicos, subjetivos e/ou individuais relacionados com o trabalho e quanto ao desempenho dos sistemas linear e celular e a discussão dos resultados.

No capítulo 6, apresenta-se as conclusões deste trabalho e recomendações para futuros estudos.

Capítulo 2 - Organização do trabalho

Neste capítulo apresenta-se a revisão da literatura sobre organização do trabalho. Num primeiro momento, dispõe-se sobre sistemas de manufatura no enfoque da engenharia de produção e, na seqüência, sobre organização do trabalho segundo a ótica da ergonomia.

Sistemas de Manufatura

De acordo com Black (1998), sistema de manufatura é “ uma série de processos de fabricação resultando em produtos finais específicos; o arranjo ou o leiaute para todos os processos, equipamentos e pessoas.”

“Os elementos físicos importantes para todo o sistema de manufatura são pessoas, processos e equipamentos para estocar e manusear materiais. Matérias-primas e produtos são entradas/saídas em processo/saída do sistema” (Black, 1998).

Segundo Silveira (1998), os objetivos do leiaute são: “movimentação mínima, máximo uso do espaço, minimização de gargalos, flexibilidade para rearranjo e crescimento, conveniência para trabalhadores e clientes, arranjo físico e ambiental satisfatório, ordem no transporte e armazenagem de materiais”. As principais variáveis de projeto são: produtos (estrutura, volume e variedade), equipamentos (máquinas, instalações, ferramentas), roteiros (atividades, materiais, informações, tempos), espaço (área, formato, limitações, monumentos), objetivos da empresa (estratégia e performance) e orçamento (tempo, custo, extensão de mudanças).

De acordo com Silveira (1998), há 4 tipos de leiautes, a saber:

- leiaute posicional ou de posição fixa (*project shop*);
- leiaute por processo ou funcional (*job shop*);
- leiaute por produto ou linear (*flow shop*), e
- leiaute celular.

Cada leiaute apresenta características específicas, sendo algumas descritas a seguir:

- Leiaute de posição fixa: o que caracteriza este leiaute é o fato do produto encontrar-se numa posição fixa durante a fabricação. Pessoas, máquinas-ferramentas e materiais são alocados para o local onde o produto está. É adequado para produtos que apresentam baixa mobilidade (ou seja, grande tamanho e/ou peso), tais como navios, aeronaves, locomotivas, pontes e edifícios. O número de produtos fabricados por lote de produção é pequeno, na maioria das vezes, lotes unitários. Segundo Black (1998),

“o leiaute de posição fixa invariavelmente tem um sistema de manufatura de leiaute funcional/leiaute em linha fazendo todos os componentes para um projeto grande e complexo, em consequência, tem um sistema de produção funcional”.

- Leiaute funcional: produz grande variedade de componentes a baixos volumes, normalmente lotes médios, de 50 a 200 unidades (Black, 1998). É adequado para produtos que requerem grande variedade de processos de manufatura, tais como móveis e componentes para aparelhos domésticos. Neste leiaute, máquinas semelhantes, geralmente de uso genérico e de difícil movimentação, são agrupadas por processo, como por exemplo, todos tornos juntos.

- Leiaute linear: produz grandes volumes e pequena variedade. Quando as taxas de produção são muito altas é também chamado de produção em massa. É adotado para a produção de um único item ou um *mix* regular de itens similares. O arranjo do leiaute consiste na disposição das operações, processos, máquinas-ferramentas e trabalhadores de forma contínua, em estações de trabalho, segundo o fluxo das atividades de produção. Caracteriza-se pela intensa divisão do trabalho; “um homem, um posto e uma tarefa”.

- Leiaute celular: produz volumes e variedades médios. É adotado para a fabricação de grupo de itens ou família de produtos com características similares, como por exemplo, autopeças e calçados. O arranjo do leiaute consiste no agrupamento e disposição de operações, processos, máquinas-ferramentas e trabalhadores em estações de trabalho conforme a seqüência das atividades de produção. Geralmente, a célula inclui todas as operações e processos necessários à fabricação de um grupo de itens ou família de produtos.

Destes sistemas de manufatura, os que importam para este trabalho são o linear e, principalmente, o celular. Nesse sentido, a seguir dispõe-se destes leiautes em detalhes, abordando aspectos como vantagens, limitações, evoluções e dimensionamento.

Leiaute linear

O leiaute linear caracteriza-se pela intensa divisão do trabalho; “um homem-um posto-uma tarefa”. A cada operador cabe uma pequena parcela do trabalho, onde as atividades são repetitivas e, por conseqüência, monótonas, realizadas em tempos reduzidos.

O leiaute linear é orientado para o produto, geralmente um único produto ou um *mix* regular de produtos similares. Produz grandes volumes e pequena variedade.

Segundo Black (1998), “os leiautes em linha são tipicamente contínuos ou interrompidos”. Quando contínuos, produzem um único item em grande quantidade. Havendo a necessidade de fabricar um item similar, a linha é interrompida e preparada para a fabricação do novo item e, novamente, um grande lote é fabricado, onde o tempo de *setup*, geralmente, é longo e complicado.

Neste leiaute, operações, processos, máquinas-ferramentas e trabalhadores são dispostos continuamente em estações de trabalho conforme o fluxo das atividades de produção. O produto move-se ao longo da linha, seguindo a seqüência das operações e processos, enquanto que os operadores permanecem fixos em suas estações de trabalho.

O tempo em cada estação da linha é projetado para operar em velocidade máxima, independente das reais necessidades de produção, e balanceado para impedir tempos ociosos. Em virtude deste balanceamento, algumas linhas são incrementadas com estações em duplicata, sendo usual linhas constituídas por estações distintas.

O ritmo de trabalho é intenso e imposto, por exemplo, por correias transportadoras ou pressão organizacional.

Geralmente as linhas seguem a forma linear, mas podem apresentar outros formatos, como por exemplo, com estações arranjadas na forma de “U” ou “S”. Segundo Silveira (1998), o formato linear favorece altas velocidades mas implica em baixa flexibilidade e gargalos.

As formas em “U” e “S” favorecem o trabalho em grupo, imprimem alta flexibilidade, menos retrabalho, baixos gargalos e são apropriadas para automação.

As máquinas-ferramentas são especializadas e implicam em altos custos de investimentos o que justifica a produção em massa (altos volumes), muitas vezes por um longo período de tempo (Black, 1998).

Os trabalhadores, igualmente, são especializados em uma única tarefa, à medida que realizam uma pequena parcela do trabalho. Geralmente, desconhecem o todo. Segundo Black (1998), “muitas habilidades de produção são transferidas do operador para a máquina, resultando em menores níveis de habilidade para o trabalho manual (...)”.

Em decorrência à especialização dos trabalhadores e máquinas-ferramentas, este sistema não se mostra flexível para responder rapidamente (e a custos acessíveis) às mudanças no projeto do produto, *mix* de produção, por exemplo, com os recursos que dispõe.

No Quadro 1, apresenta-se as vantagens e limitações do leiaute linear e no Quadro 2 a evolução das linhas de produção: do modelo tradicional para o contemporâneo, segundo Silveira (1998).

Quadro 1: Vantagens e limitações do leiaute linear. Fonte: Silveira (1998).

Vantagens do leiaute linear
Fluxo lógico e suave em pequenos espaços
Baixos estoques intermediários
Pouca movimentação/manejo de partes
Tarefas simples; requer pouco treinamento da MDO
Planejamento e controle da produção é simples
Limitações do leiaute linear
Quebra de uma máquina pode parar sistema
Mudanças em desenho do produto podem exigir grandes mudanças em leiaute
Gargalos têm grande efeito no sistema
Linhas múltiplas requerem duplicação de máquinas

Quadro 2: Evolução das linhas de produção: do modelo tradicional para o contemporâneo. Fonte: Silveira (1998).

Linhas de produção: evolução		
Modelo tradicional	→	Modelo contemporâneo
Estável, balanceada	→	Flexível
<i>Buffers</i> de estoques	→	TPM
Otimização: linha	→	Otimização: gargalo
Ritmo fixo	→	Ritmo variável
Linear ou em “L”	→	Em “U” ou paralelo
Esteira (ou similar)	→	Sem esteira
Grandes lotes	→	Pequenos lotes

O principal objetivo no planejamento do leiaute linear é “balancear operações e minimizar gargalos de produção” e os principais parâmetros de projeto são: “seqüência de atividades, tempos, capacidade e demanda” (Silveira, 1998).

Para o dimensionamento do leiaute linear Silveira (1998) sugere os seguintes passos:

- a) obter dados sobre operações, precedências, tempos e demanda;
- b) construir gráfico de precedências;
- c) calcular Tempo de Ciclo (TC), onde TC corresponde ao tempo disponível no período dividido pela demanda período;
- d) calcular o número de estações necessárias (E), onde E é calculado dividindo-se o tempo total de operação pelo TC;
- e) alocar operações e processos às estações que compõem a linha segundo a seqüência de produção e em acordo com o tempo de ciclo e número de estações (heurística);
- f) calcular a eficiência (uso da capacidade) (Ef), onde Ef corresponde ao $TTO/(E*TC)$.

Leiaute celular

A característica chave do sistema de manufatura celular é a flexibilidade. Através dela “o sistema pode reagir rapidamente a mudanças na demanda dos clientes, mudanças no projeto do produto ou no *mix* de produto” (Black, 1998).

O sistema de manufatura celular é orientado para a fabricação de um grupo de itens ou família de produtos com características similares (componentes, seqüência das operações, tipos de processos, por exemplo). Normalmente, inclui todas as operações e processos necessários à fabricação destes grupos ou famílias. Produz volumes e variedades médios e pode ser dedicado a atividades de manufatura ou de montagem. Na célula de manufatura o processo inicia com a entrada de matéria-prima e à saída do sistema tem-se um item manufaturado. Na célula de montagem entram itens manufaturados e à saída tem-se submontagem completa ou montagem final de produtos. Para Black (1998),

“a grande diferença entre células de manufatura e de montagem é que as máquinas nas células de manufatura são normalmente automáticas de ciclo único, capazes de completar o ciclo do processo sem acompanhamento, a não ser que seja uma operação manual simples ou um processo como a solda de junta. Nas células de montagem, as operações são normalmente manuais (menos automáticas) sendo que o operador não pode deixar o processo acontecer sem acompanhamento”. Ou seja, na célula de montagem o operador precisa permanecer na célula durante todo o processamento.

Neste leiaute, operações, processos e trabalhadores são agrupados conforme o grupo de itens ou família de produtos e dispostos continuamente conforme a seqüência das atividades de produção. Sobre isso, Black (1998) comenta que “esta disposição se parece com a do leiaute em linha, mas é projetada para ter flexibilidade”.

Em contraposição ao leiaute linear, o tempo de ciclo no leiaute celular é determinado em função das reais necessidades de produção, isto é, em função da demanda no período e da capacidade do sistema neste mesmo período; não é fixo, imutável. O ritmo de trabalho, por sua vez, é variável e segue a velocidade determinada pelo tempo de ciclo.

Os itens seguem pela célula, um de cada vez, conforme as normas do tempo de ciclo e a seqüência das atividades de produção.

A célula, tal como a linha, não se restringe a um único formato. Pode ter a forma de “U”, “L”, “T” ou mesmo ser em linha. Segundo Black (1998) a forma em “U” normalmente é adotada em células compostas por máquinas, à medida que favorece a movimentação dos trabalhadores de uma máquina para outra, carregando ou descarregando peças.

As máquinas-ferramentas são específicas; menores, móveis, mais lentas e baratas que as utilizadas no leiaute linear (Black, 1998).

Os trabalhadores têm conhecimento de todas as atividades de produção relativas à célula. Realizam diferentes atividades, ou seja, são multifuncionais, e, geralmente, deslocam-se de um ponto para o outro dentro da célula. No caso de células que implicam em mais de um operador, os trabalhadores são organizados para trabalharem em equipe.

Há que se esclarecer, contudo, que células mecanizadas estão emergindo e robôs estão substituindo o homem, em contraposição às células de manufatura que, originariamente, eram operadas manualmente pelo homem.

Para Black (1998), os pontos-chaves do sistema de manufatura celular, no caso de células compostas por máquinas, são:

- “1. Máquinas são dispostas na seqüência do processo.
2. A célula é projetada em forma de U.
3. Uma peça de cada vez é feita dentro da célula.
4. Os trabalhadores são treinados para lidar com mais de um processo.
5. O tempo de ciclo do sistema dita a taxa de produção para a célula.
6. Os trabalhadores trabalham em pé e caminhando.
7. São usadas máquinas mais lentas e específicas, que são menores e mais baratas.”

No Quadro 3, apresenta-se as vantagens e limitações do leiaute celular segundo Silveira (1998).

Quadro 3: Vantagens e limitações do leiaute celular. Fonte: Silveira (1998).

Vantagens do leiaute celular
Grande utilização do equipamento/baixa ociosidade
Favorece grupos, multi-tarefas e ‘visão’ do produto
Maior controle do sistema e confiabilidade de entregas
Melhor fluxo e uso do espaço do que o leiaute funcional
Boa combinação de flexibilidade e integração
Melhoria de lotes, estoques, <i>setups</i> e tempos
Limitações do leiaute celular
Alto custo com treinamento de MDO
Balanceamento do fluxo de materiais na célula deve ser razoável para não gerar ociosidades
Requer máquinas pequenas e móveis
Pode requer duplicação de máquinas

Quanto às vantagens do leiaute celular, Silveira (1998) aponta, ainda, para os efeitos do aprendizado dos funcionários, destacando aspectos positivos como: “rápida identificação de defeitos, conhecimento do produto inteiro, distribuição do conhecimento (especialmente em rotação de tarefas) e consistência interna (objetivos do sistema)”.

Segundo Silveira (1998), o principal objetivo no planejamento do leiaute celular é “otimizar a formação de famílias de partes e máquinas” e os principais parâmetros de projeto são: “roteiros, lista de materiais, lista de máquinas, tempos, capacidade, demanda, habilidades da MDO”.

Para Black (1998), um projeto de leiaute celular deve apresentar flexibilidade em 4 áreas, a saber:

“(1) Operação de equipamento - troca rápida de ferramentas, sem ajustes na detecção automática de erros; (2) *setup* - fácil de ajustar e rápida troca de ferramentas e matrizes; (3) processos: (a) diferenças nas operações e processos para peças diferentes, (b) diferentes seqüências de operações e diferentes comprimentos de corte, (c) habilidade para lidar com um *mix* diferente, uma ordem diferente no *mix* ou um volume diferente neste *mix*”

(mais A e menos B); (4) capacidade ou volume - habilidade para aumentar ou reduzir a saída, taxa e volume de produção; espaço para expansão” (Black, 1998).

Para células manuais, especificamente, Black (1998) dispõe que ”ter o trabalhador móvel e multifuncional é um elemento chave no projeto de células manuais. O trabalhador que caminha é um elemento crítico para tornar a célula flexível”.

Para formar células a partir de um leiaute vigente Black (1998) recomenda reestruturar este leiaute por partes, convertendo-o gradualmente em células. No caso de conversão de leiaute linear em celular, atenta para os seguintes aspectos: (a) o primeiro, consiste na redução dos tempos de *setup*, típicos do leiaute linear, para agilizar a troca de fabricação de um produto para outro; (b) o segundo, na eliminação da necessidade de balanceamento (isto é, de redistribuição das operações de modo que os postos demandem a mesma quantidade de tempo) a cada troca de lote à medida que isto reduziria a flexibilidade da célula.

Segundo Silveira (1998), o principal objetivo no planejamento do leiaute celular é “otimizar a formação de famílias de partes e máquinas” e os principais parâmetros de projeto são: “roteiros, lista de materiais, lista de máquinas, tempos, capacidade, demanda, habilidades da MDO”.

De um modo geral, o dimensionamento do leiaute celular compreende as seguintes etapas:

a) agrupar itens ou formar família de produtos por similaridade: seqüência das operações, tipos de processos; máquinas-ferramentas, por exemplo. Geralmente, é feito com base em métodos de agrupamento de célula, tais como algoritmos de arranjo de matrizes e coeficientes de similaridade. Silveira (1998), dispõe de métodos de agrupamento de células;

b) definição do tempo de ciclo

Conforme Black (1998), a demanda é que dita o TC da célula, o qual deve ser dimensionado para produzir na taxa exata da demanda, quando e quanto, não mais nem menos rapidamente, tendo como base as equações (1) e (2).

$$TC = \frac{\text{horas em um turno} \times \text{número de turnos}}{\text{demanda diária por peças}} \quad \text{equação (1)}$$

onde

$$\text{Demanda (pç/dia)} = \frac{\text{demanda mensal}}{\text{número de dias no mês}} \quad \text{equação (2)}$$

No caso de células compostas por máquinas e operadas pelo homem, o(s) trabalhador(es) caminha(m) de máquina para máquina, de modo que o tempo de ciclo da célula relaciona-se com o tempo que o(s) trabalhador(es) leva(m) para completar o ciclo caminhando através da célula. Nestes casos o tempo de ciclo pode ser alterado acrescentando ou eliminando trabalhadores (Black, 1998).

Entretanto, para aumentar a capacidade de produção do sistema, sem modificar o tempo de ciclo, usualmente, o tempo disponível é aumentado com a utilização de horas-extras (o que não é bom para o empregado) ou são implementados mais turnos de trabalho.

c) arranjo das operações e processos e balanceamento entre as estações que compõem a célula.

O arranjo das operações e processos consiste na disposição dos mesmos conforme a seqüência das atividades de produção.

O balanceamento do fluxo do trabalho na célula, entre máquinas, é feito com base no TC calculado e nos tempos de processamento das máquinas, denominado Tempo de Máquina (TM). O critério de balanceamento consiste no TM ser menor que o TC calculado para a célula ($TM < TC$), onde a máquina com maior TM é a que dita a saída na célula.

Considerando-se que as máquinas na célula geralmente fabricam um grupo de peças, pode acontecer de uma mesma máquina apresentar diferentes TM. Nesse sentido, o TM deve ser determinado com base nos tempos de processamento, mais tolerâncias que encubram estas diferenças. Considerar estas variações no TM é importante à medida que variando o grupo de peças, o TC da célula não é alterado. Segundo Black (1998) esta providência elimina a

necessidade de balancear os TM a cada troca de lote. “É necessário apenas que nenhum TM seja maior do que o TC necessário”.

Há que se esclarecer, contudo, que no caso do leiaute celular não há necessidade de balanceamento preciso entre as estações que compõem o sistema tal como no leiaute linear. A prática da “caça ao coelho”, na qual os trabalhadores seguem uns aos outros nos postos da células, por exemplo, é uma alternativa que elimina a necessidade de balanceamento preciso na célula. O fato dos trabalhadores estarem sempre caminhando conduz ao balanceamento do fluxo de trabalho e de produção do sistema (Black, 1998).

Além disso, conforme Black (1998), o método de trabalho, o posto, as ferramentas, etc podem contribuir no sentido de se atingir um bom balanceamento.

Neste contexto, há que se esclarecer que o tempo de ciclo muitas vezes é confundido com o *takt time*. Conforme Guimarães (1999), o tempo de ciclo corresponde ao somatório dos tempos de operação (em equação 3), corroborando com a proposta de Shingo (1996), para quem o TC corresponde ao tempo de processamento de um item no sistema, ou seja, é o tempo decorrido entre a entrada e saída de um item no sistema. Em se tratando de leiautes compostos por n estações, o TC do sistema corresponde ao maior tempo de processamento, ou seja, ao tempo da estação gargalo. O TC difere do *takt time* que é determinado em função da capacidade do sistema e a quantidade a ser produzida. É calculado dividindo-se o tempo disponível no período (n^o de trabalhadores x n^o de horas trabalhadas) pela demanda neste mesmo período (Guimarães, 1999).

$$TC = \sum TO = \sum T_{\text{trabalho repetitivo}} + \sum T_{\text{trabalho periódico}} + \sum T_{\text{trabalho flutuante}} \quad (\text{equação 3})$$

Salienta-se que neste trabalho seguiu-se estas definições. Nesse sentido, deve ficar claro que Silveira (1998) e Black (1998) não fazem distinção entre TC e *takt time* nos dimensionamentos dos leiautes linear e celular, respectivamente, seguindo-se as definições adotadas nesta dissertação (o TC referido por estes autores corresponde ao *takt time*).

No Quadro 4 apresenta-se um comparativo entre os leiautes linear e celular.

Quadro 4: Quadro comparativo entre os leiautes linear e celular.

Elementos	Leiaute linear	Leiaute celular
volume	grande	médio
variedade	pequena	média
máquinas-ferramentas	especializadas	específicas
trabalhadores	especialistas	multifuncionais
TEMPO DE CICLO	fixo	variável
custos de investimentos	máquinas	treinamento da MDO
flexibilidade	baixa	alta
<i>setup</i>	longo	curto
estoques	grandes	pequenos

Ergonomia e Organização do Trabalho

A ergonomia objetiva adequar as condições de trabalho e produtos às características (capacidades e limitações) do ser humano, vistas à segurança e ao conforto do ser humano e a eficácia do sistema. Sua base de conhecimentos dispõe de dados científicos sobre o homem, de disciplinas de diferentes áreas, tais como biomecânica, antropometria, fisiologia, psicologia.

Segundo o *Ergonomic Research Society, England*, ergonomia é o estudo do relacionamento entre o ser humano e os elementos do sistema produtivo e na aplicação de dados científicos sobre o homem de diferentes áreas de conhecimento, humanas, biomédicas, por exemplo, na solução dos problemas surgidos desse relacionamento (Iida, 1990). Para Wisner (1987),

“Ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia”.

Desde sua oficialização, em 1949, a ergonomia vem passando por fases que enfatizaram aspectos distintos, tais como os físico-perceptuais na 1ª fase, os físico-ambientais na 2ª

fase, os cognitivos, relacionados com o processamento de informações, na 3ª fase, e, hoje, está na 4ª fase, a fase “macro” proposta por Hendrick (1992). Segundo Guimarães (1998),

“a macroergonomia diz respeito à ergonomia dentro de um contexto mais amplo, deixando de se restringir a questões do posto de trabalho atuando, também, em nível organizacional. Enfatiza as interações entre os contextos organizacional e psico-social, vistas a melhor adequação dos processos e a concepção de novos sistemas”.

“A visão macro da ergonomia atual focaliza o homem, a organização, o ambiente e a máquina como um todo de um sistema mais amplo” (Guimarães, 1998). Ou seja, compreende o sistema homem-tarefa-máquina-ambiente, em funcionamento, considerados dentro de um contexto maior que é a organização, sempre com foco no ser humano.

De acordo com Nagamachi (1996), a macroergonomia tem implicações para o desenvolvimentos do próprio homem (desenvolvimento pessoal) e das funções da própria organização.

Sob o ponto de vista macro, a ênfase deve estar no trabalho e não no posto de trabalho. O enfoque deve ser a adequação da organização do trabalho - conteúdo das tarefas, ritmo de trabalho, leiaute, turnos de trabalho, delegação de responsabilidades, às características (potencialidades e limitações) dos sistemas humano e produtivo.

Em contraposição à divisão do trabalho, a macroergonomia tem como bases para a *desing* do trabalho o alargamento e, principalmente, o enriquecimento das atividades da tarefa a cargo de cada operador.

Neste contexto, é importante distinguir quanto ao alargamento e o enriquecimento do trabalho. O alargamento consiste em acrescentar outras atividades à tarefa cuja complexidade é semelhante (ou seja, que implicam em habilidades - motoras, cognitivas, por exemplo, similares às da tarefa original), não havendo mudanças quanto à natureza do trabalho (Boucher, 1998). O enriquecimento do trabalho, por sua vez, implica em mudanças qualitativas no conteúdo da tarefa (novas habilidades), com aumento de responsabilidade. Para Boucher (1998), o enriquecimento "(...) concede aumento de responsabilidade para os trabalhadores no que diz respeito ao planejamento, execução e controle da tarefa”.

Poucos estudos de casos foram encontrados na literatura sobre reorganização/reprojeto do trabalho tendo como bases o alargamento e o enriquecimento do trabalho. Contudo, os resultados encontrados demonstram uma influência positiva desta abordagem sobre os sistemas humano e produtivo, tais como aumento da produtividade associado com o aumento da satisfação dos trabalhadores e a redução do nível de fadiga, melhoria da eficiência do sistema produtivo dado a adequação das necessidades e exigências da tarefa às características (fisiológicas, psicológicas, etc) do ser humano. Segundo Guimarães (2000), “a abordagem macroergonômica tem sido adotada por poucos profissionais, a maioria nos EUA”. No Brasil, especificamente, é adotada por Guimarães.

A seguir, apresentam-se estudos de casos encontrados sobre o alargamento e enriquecimento do trabalho.

Estudo de caso 1

Originariamente, na *Mitsubishi Electric's Fukuyama Plant* havia uma linha tradicional para a montagem de *fuse-breakers*, composta por 9 postos e 9 pessoas. O tempo de ciclo em cada posto variava entre 40 e 62 segundos e o ritmo da produção era imposto pela velocidade de uma esteira transportadora.

O *staff* da engenharia industrial, seguindo a tecnologia da ergonomia participativa (Nagamachi, 1991), entrevistou os montadores desta linha e constatou que os funcionários não estavam motivados com o trabalho que desempenhavam. Diante disso, num primeiro momento, buscaram opiniões e sugestões junto aos funcionários com o objetivo de melhorar as condições de trabalho. Como solução, propuseram o alargamento do trabalho, pela substituição da linha de montagem tradicional por uma nova linha intitulada JEL (*Job Enlargement System*).

O primeiro passo para o alargamento do trabalho consistiu no reprojeto do trabalho, onde as 9 operações da linha tradicional foram combinadas e rearranjadas. Como resultado, a nova linha contou com 7 postos de trabalho e 7 operadores. O trabalho em cada posto foi alargado e a esteira transportadora, que na linha tradicional impunha o ritmo de produção, na linha JEL, destinou-se, exclusivamente, ao transporte dos produtos.

Como resultado, após a introdução da linha JEL, a produção começou a crescer, conforme indicado na Figura 1.

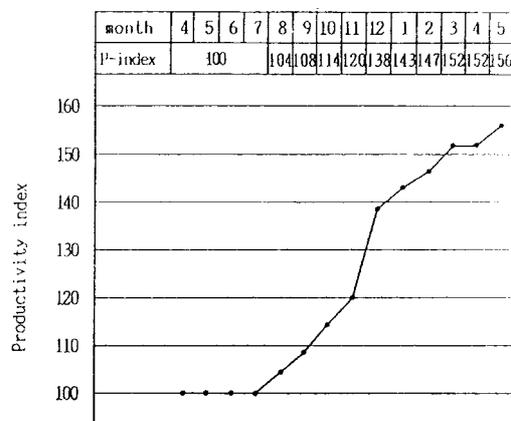


Figura 1: Evolução da produtividade após a implantação da linha JEL. Fonte: Nagamachi, 1996.

Para Nagamachi (1996), estes incrementos de produtividade sugerem, também, que a satisfação dos trabalhadores com o novo trabalho aumentou.

Estudo de caso 2

Após o gerente da linha de montagem de automóveis da *Fuji Heavy Industry Cooperation* constatar que os montadores não estavam satisfeitos com seus trabalhos monótonos, ele, seguindo a tecnologia da ergonomia participativa, organizou os operadores em comitês (chamados na empresa de *The New Manufacturing Steering Committee*) para discutirem a origem dos problemas, da linha e/ou do ambiente de trabalho, que estavam causando insatisfação e proporem soluções. Concluíram que a tarefa a cargo de cada operador deveria ser alargada e enriquecida e que o sistema que conduziria a melhor produtividade seria o *one-man-system* (Nagamachi, 1996).

Como a montagem de um carro requer cerca de 13.000 - 15.000 partes e o ser humano não consegue memorizar a posição de todas estas partes, o trabalho da linha de montagem foi reorganizado em submontagens a serem operadas por um único operador. Como resultado, cada operador passou a manusear 639 itens, onde conjuntos submontados são computados como um único item (Nagamachi, 1996).

De acordo com Nagamachi (1996), o resultado dessa alteração corajosa no *design* do trabalho foi 100% de aumento na produtividade (a qual foi associada, também, ao aumento da satisfação dos funcionários), nenhum erro na qualidade do produto e aumento da flexibilidade.

Estudo de caso 3

Na planta original de *Nakatsugawa da Mitsubishi Eletric Co.*, havia uma linha de montagem manual de aquecedores de gás, composta por 20 postos de trabalho, cada qual com tempo de ciclo médio de 0,5 min, 20 operadores realizando uma única operação, sendo o ritmo de trabalho imposto por uma esteira transportadora. Pela aplicação do JEL, as 20 operações da linha original foram combinadas e transformadas em um sistema de um homem (intitulado na empresa por *JEL one-man-system*), onde um único operador passou a realizar a montagem completa do produto.

Em relação à linha original, o *JEL one-man-system* ficou 20 vezes mais complicado. O tempo de processamento de uma unidade ficou em aproximadamente 10 min, sendo o benefício desta alteração a redução do nível de fadiga.

Kawakami e Tange (1980) através do CFF (*Critical Fusion Frequency*) mediram o nível de ativação cerebral dos trabalhadores na linha de montagem original e no *JEL one-man-system*. Constataram que a diminuição na percentagem de CFF na linha de montagem original foi superior a do *JEL one-man-system*. Para os autores, isto sugere que o último sistema, 20 vezes mais complicado, foi efetivo em ativar a atividade cerebral dos trabalhadores que anteriormente desempenhavam uma única operação.

Estudo de caso 4

Saito (1969, 1971) apud Nagamachi (1996) mediu o nível de fadiga de trabalhadores, em situação real de 8 horas de trabalho, em 2 tarefas distintas: trabalho de impressão/prensagem e montagem de componentes em mesa redonda, cada qual realizada segundo dois tempos de ciclos diferentes, trabalho repetitivo de tempo de duração pequeno (20-60 segundos) e trabalho repetitivo de tempo de ciclo muito pequeno (3-5 segundos). Como resultado, nas quatro atividades houve decréscimo da percentagem de CFF, sendo

os maiores decrementos nas atividades cujo tempo de ciclo era menor, sugerindo que atividades mais repetitivas geram maior fadiga. No entendimento do autor, “parcelas de trabalho repetitivas e monótonas forçam o cérebro humano a limitar sua atividade, resultando num sentimento psicológico de forte fadiga, aborrecimento, e um sentimento de insatisfação”.

Estudo de caso 5

A *Hiroshima Store*, uma das 4 lojas da rede *Tenmaya Hiroshima Store* localizada em Hiroshima, caracterizava-se por ter um baixo nível de moral e o maior índice de vendas da rede. Como nas demais lojas de departamentos, o trabalho consistia na seleção, estocagem e venda de produtos.

Após entrevistar os funcionários da loja, Nagamachi (1996) constatou que a organização era hierarquizada e a tomada de decisões pertencia a divisão de gerência de negócios. Ou seja, a atividade de seleção dos produtos para a estocagem, única atividade que requeria tomada de decisão, era feita por um gerente. Aos funcionários da loja cabia, somente, a estocagem dos produtos, conforme seleção determinada pelo gerente, e a venda ao cliente. A percepção destes funcionários em relação ao seu trabalho era a de vender produtos que o gerente selecionava.

Para Nagamachi (1996), organizações de trabalho hierarquizadas, com centralização do poder de tomada de decisão nos níveis superiores, geram insatisfação e desmotivação nos níveis inferiores. Da mesma forma, trabalhos muito parcelados, que não fazem o indivíduo pensar, geram insatisfação e desmotivação nos funcionários em relação ao seu trabalho e à organização. Este quadro agrava-se ainda mais quando os funcionários não participam da tomada de decisões.

Como solução, a tomada de decisão quanto à seleção dos produtos para a estocagem foi repassada para os funcionários da loja. Este novo sistema foi chamado de *Responsability of Stocking Goods by Ourselves* (RSO), o qual significava sistema de ordem própria (Nagamachi, 1996).

Os gerentes ficaram descontentes com este novo sistema, a ponto de rejeitarem-o. Alegaram que poderia ocorrer queda nas vendas pois entendiam que os funcionários da loja não eram aptos para tomar decisões.

Diante disso, os funcionários foram organizados em pequenos grupos, como em círculos de qualidade, para serem treinados até tornarem-se especialistas em vendas.

Como resultado, as vendas totais aumentaram (as quais foram associadas ao aumento da motivação e satisfação, responsabilidade e comprometimento dos trabalhadores com seu trabalho e em relação à organização) e o sistema RSO foi implantado nas outras lojas da rede *Tenmaya Hiroshima Store*. Três anos após, dado a errônea compreensão do sistema por parte dos gerentes o mesmo foi eliminado. Entretanto, este mesmo sistema foi implementado sendo renomeado por “*Shop Master System*” e introduzido em outra rede de lojas de departamento de Tokio.

Capítulo 3 - A ABB

O estudo de caso desta dissertação de mestrado acadêmico foi realizado na ABB - Cachoeirinha, RS, uma das unidades de negócios do grupo Asea Brown Boveri (ABB).

A ABB é um grupo empresarial multinacional, de origem helveto-sueca, com sede mundial em Zurich (Suíça). Atualmente, conta com 1300 unidades de negócios (isto é, empresas), instaladas em 143 países ao redor do mundo, organizadas em 7 segmentos: geração de energia, transmissão de energia, distribuição de energia, automação, petróleo/gás/petroquímica, produtos/contratos e serviços financeiros, somando um total de 190.900 colaboradores.

A principal atuação do grupo ABB é no setor industrial, no ramo de engenharia de energia. Entre os produtos oferecidos tem-se: hidrogeradores, transformadores de potência, transformadores de distribuição, medidores elétricos, de água e de gás, equipamento de contenção de pressão e ventiladores industriais.

Todas as unidades de negócios ABB possuem acesso aos recursos mundiais do grupo no tocante à pesquisa, tecnologias, *benchmarking* e financiamento de capital, e têm como lema a frase “Pensar global, agir local”, vistas ao estabelecimento de empresas fortes locais, trabalhando juntas. Além disso, têm por compromisso a pesquisa, o desenvolvimento de novos produtos, a permanente capacitação técnica e tecnológica dos funcionários e do parque industrial, o trabalho em equipe (na própria unidade e entre unidades) e a motivação e a satisfação dos funcionários como bases para proporcionar a satisfação de seus clientes e acionistas e alavancar novos mercados.

As metas da organização mundial ABB para o final desta década são: a descentralização, a organização plana, o multiculturalismo e a multiglobalização. No contexto do grupo, a descentralização consiste na independência de cada unidade de negócio, com responsabilidade total em nível local, combinadas à visão e à realidade global do grupo ABB. A organização plana está voltada para a redução dos níveis gerenciais na organização entre a alta administração e o chão de fábrica. O multiculturalismo consiste no desenvolvimento de futuros gerentes globais e equipes multiculturais. Implica em seminários para compreensão e discussão dos negócios e dos problemas ABB e globais, *benchmarking* em escala internacional, rotação de especialistas para transferência das

melhores práticas dentro do grupo e cooperação internacional, tal como o desenvolvimento de projetos em conjunto. A multiglobalização consiste na reorientação das ações para uma nova visão multiglobal, voltada para a abertura de mercados globais.

Para o novo milênio, o desafio do grupo ABB é viabilizar soluções em tempo real, a custos competitivos, e conquistar novos mercados globais, alicerçados nestas metas e na permanente capacitação técnica e tecnológica de todas as unidades.

Das 1300 empresas, somente três destinam-se à fabricação de medidores elétricos, a saber, as unidades de negócios ABB - Stone (Inglaterra), ABB - Buenos Aires (Argentina) e ABB - Cachoeirinha, RS (Brasil). O estudo de caso desta dissertação de mestrado acadêmico foi realizado na unidade de negócios ABB - Cachoeirinha, RS do grupo Asea Brown Boveri (ABB) no Brasil.

Além da unidade de negócios ABB - Cachoeirinha, RS, o grupo possui mais 4 unidades no Brasil dedicadas à fabricação de produtos distintos. No Quadro 5, apresenta-se o local de estabelecimento das unidades de negócios ABB no Brasil e respectivos produtos principais.

Quadro 5: Local de estabelecimento das unidades de negócios ABB no Brasil e respectivos produtos principais.

Unidades de negócios ABB no Brasil	Produto principal
ABB – Cachoeirinha, RS	Medidores elétricos
ABB – Guarulhos, SP	Transformadores de força
ABB - Osasco, SP	Geradores de energia elétrica
ABB – Cravinhos, SP	Turbinas termoelétricas
ABB - Betim, BH	Linhas de transmissão de energia elétrica

Unidade de negócios ABB - Cachoeirinha, RS

O início da história da unidade de negócios ABB - Cachoeirinha, RS ou ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA dá-se em 1967, quando da criação e instalação da APREL, uma subsidiária da GALILEO (Argentina), no Distrito Industrial da cidade de Cachoeirinha, região

metropolitana de Porto Alegre, RS. Em 1972, a Westinghouse comprou a APREL e a GALILEO. Em 1989, o grupo ABB adquiriu 45% das ações da Westinghouse após a consolidação de uma *Joint-Venture* (transação comercial). Um ano após, a APREL tornou-se uma subsidiária do grupo ABB e, em 1991, transformou-se em uma unidade de negócios ABB, sendo denominada ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA.

A ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA compreende uma área total de 44.100 m², sendo que 10.041 m² correspondem à área construída e 34.059 m² a áreas verdes.

Seu quadro de pessoal conta com aproximadamente 300 colaboradores efetivos. Destes, cerca de 33% possuem ensino superior (graduação) completo ou em andamento e mais de 50% ensino médio (2º grau) completo. Embora não haja analfabetos, a empresa tem como meta estabelecida para o ano 2000 que todos funcionários tenham, no mínimo, o ensino fundamental (1ª a 8ª série) concluído. Inserido neste contexto, tem-se, também, o empenho da empresa para a habilitação técnica de seus funcionários e o desenvolvimento de suas habilidades para o trabalho. Para tal, mantém convênio com instituições de ensino que dispõem de curso supletivo e/ou cursos técnicos profissionalizantes, oferece auxílio financeiro e promove treinamentos periódicos de curta duração. Em relação a portadores de deficiências físicas, atualmente a empresa conta com 2 colaboradores surdos-mudos, o que representa 0,67% do seu quadro de pessoal.

Além do auxílio estudo, a empresa oferece a seus funcionários seguro de vida em grupo e participação nos resultados.

Em termos de legislação trabalhista, a ABB - Cachoeirinha, RS, é classificada como uma empresa de médio porte, uma vez que possui um quadro de pessoal de aproximadamente 300 funcionários (pelo anuário IBGE empresas que possuem de 100 a 499 empregados são classificadas como de médio porte). Pela legislação tributária (Lei 9250/95) é classificada como uma empresa de grande porte, haja visto ter atingido um faturamento de US\$ 28.210.000,00 em 1998.

No contexto do grupo ABB, a unidade de Cachoeirinha, RS, pertence ao segmento Automação, área de Automação, Instrumentação e Controle. A natureza de seus negócios compreende soluções em medição de energia elétrica - projeto e fabricação. Seus principais produtos são medidores eletromecânicos nas versões monofásico ativo e polifásico ativo ou reativo e medidores eletrônicos nas versões polifásico ativo ou reativo.

Na Figura 2 tem-se ilustrada a linha de produtos principais da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA. A parte hachurada corresponde aos medidores eletromecânicos versão polifásico ativo, alvo deste estudo.

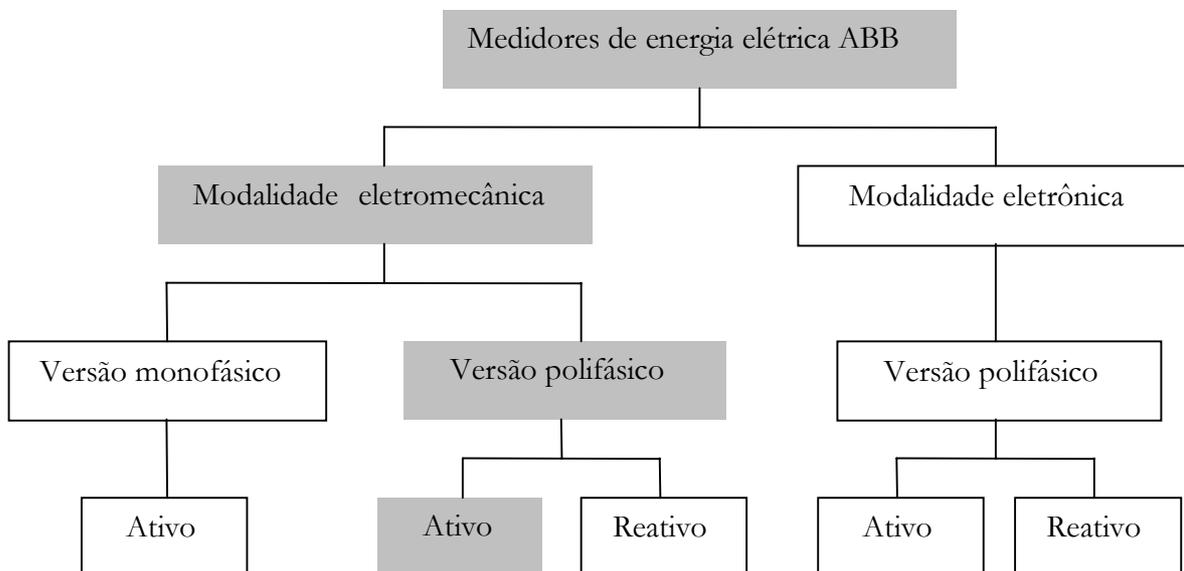


Figura 2: Linha de produtos principais da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA, sendo a parte hachurada correspondente aos medidores alvo deste estudo.

A modalidade eletromecânica caracteriza-se por medir a energia elétrica através de energia mecânica, resultante da geração de movimento mecânico (rotação), e de campo eletromagnético, oriundo dos eletroímãs de corrente e de tensão. A eletrônica, por medir a energia elétrica através de impulsos eletrônicos. Quanto à composição, os medidores eletromecânicos são constituídos por peças mecânicas, tal como base, armação e tampa, e por peças elétricas, como por exemplo, eletroímãs de tensão. Os eletrônicos, por peças mecânicas, tal como base, armação e tampa, e, internamente, por peças exclusivamente eletrônicas, como por exemplo, circuitos eletrônicos e microprocessadores.

As versões monofásico e polifásico relacionam-se com o número de elementos motores do medidor, responsáveis pela força motriz do medidor.

Por ativo ou reativo, subentende-se o sistema de medição de energia elétrica, a saber, direto ou indireto. Os medidores ativos medem a energia elétrica decorrente da produção de trabalho, sendo o sistema de medição direto. Os reativos medem a energia elétrica resultante da formação de campos elétricos e magnéticos, sendo o sistema de medição indireto. Na prática, os medidores ativos são encontrados em todos os lugares onde há

medição e os reativos somente em situações de grande consumo, sendo instalados, sempre, em paralelo a um medidor ativo.

Os produtos da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA são comercializados no mercado nacional e internacional. Os principais clientes são as concessionárias de energia elétrica do País, públicas e privadas, as quais correspondem, em média, a 70 % da produção total anual. No Brasil, os concorrentes são as empresas de medidores elétricos Schlumberger, Nansen, Landis&Gyr, Inepar e Ferragens e Aparelhos Elétricos (FAE).

Em termos organizacionais, a ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA encontra-se organizada em 6 áreas: comercial, engenharia, manufatura, Desenvolvimento Humano e Organizacional (DHO), suporte administrativo (*real state*) e controladoria. Estas áreas, por sua vez, encontram-se organizadas por setores, conforme ilustrado na Figura 3.

Em relação aos setores, salienta-se que, os de fabricação de componentes, montagem eletromecânica e montagem eletrônica, relativos a área de manufatura, encontram-se subdivididos em subsetores segundo os processos e operações de produção.

Embora esta dissertação envolva setores das áreas de DHO e de engenharia, a área de concentração é a de manufatura, setor de montagem eletromecânica, primeiro subsetor: subsetor de montagem inicial polifásica.

Na Figura 4, apresentam-se os subsetores do setor da montagem eletromecânica da área de manufatura, sendo a parte hachurada correspondente ao subsetor de montagem.

A interligação de todas as áreas da empresa, e respectivos setores e subsetores, dá-se por uma rede de microcomputadores. Esta rede destina-se à circulação de informações internas, controle de pessoal e de atividades e acesso à *internet* de todos os funcionários. Além disso, é o elo de ligação da unidade ABB - Cachoeirinha, RS, com o restante da organização ABB no mundo.

Em relação aos níveis gerenciais na organização, a ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA está buscando a redução dos níveis gerenciais entre a alta administração e o chão de fábrica, vistas a uma comunicação mais efetiva e rápido *feedback*. Atualmente, ela possui, em média, três níveis gerenciais, sendo que em todo o grupo ABB não há mais do que quatro níveis. Quanto ao número de níveis gerenciais entre a alta administração e o subsetor de montagem inicial polifásica, especificamente, a empresa atualmente conta com 3 níveis.

Atualmente em torno de 75% dos componentes utilizados nos medidores são adquiridos de fornecedores, restando para a fabricação nas instalações da ABB - Cachoeirinha, RS, apenas os componentes executados em liga de alumínio-silício e injetados sob pressão, a saber, base, armação, freio e marco. Sobre isso, tem-se a colocar que durante o período compreendido entre 1989 até 1996, a empresa fabricava a maioria dos componentes (em torno de 90%). Em 1997, após um processo de reengenharia na empresa, a fabricação de componentes foi reduzida para, aproximadamente, 25%. Salienta-se que embora a fabricação tenha sido terceirizada, o reprojeto e o desenvolvimento de novos componentes permaneceu a cargo do corpo de engenheiros da ABB. Outro aspecto relevante é que em 1999, a empresa, em virtude de constantes problemas com alguns de seus fornecedores - atrasos na entrega e, principalmente, qualidade dos componentes, substituiu o fornecedor dos eletroímãs de corrente e de tensão (janeiro/99) e iniciou um processo de resgate de determinadas atividades outrora terceiradas, como por exemplo, a montagem do conjunto rotor (agosto/99) e a do registrador (outubro/99).

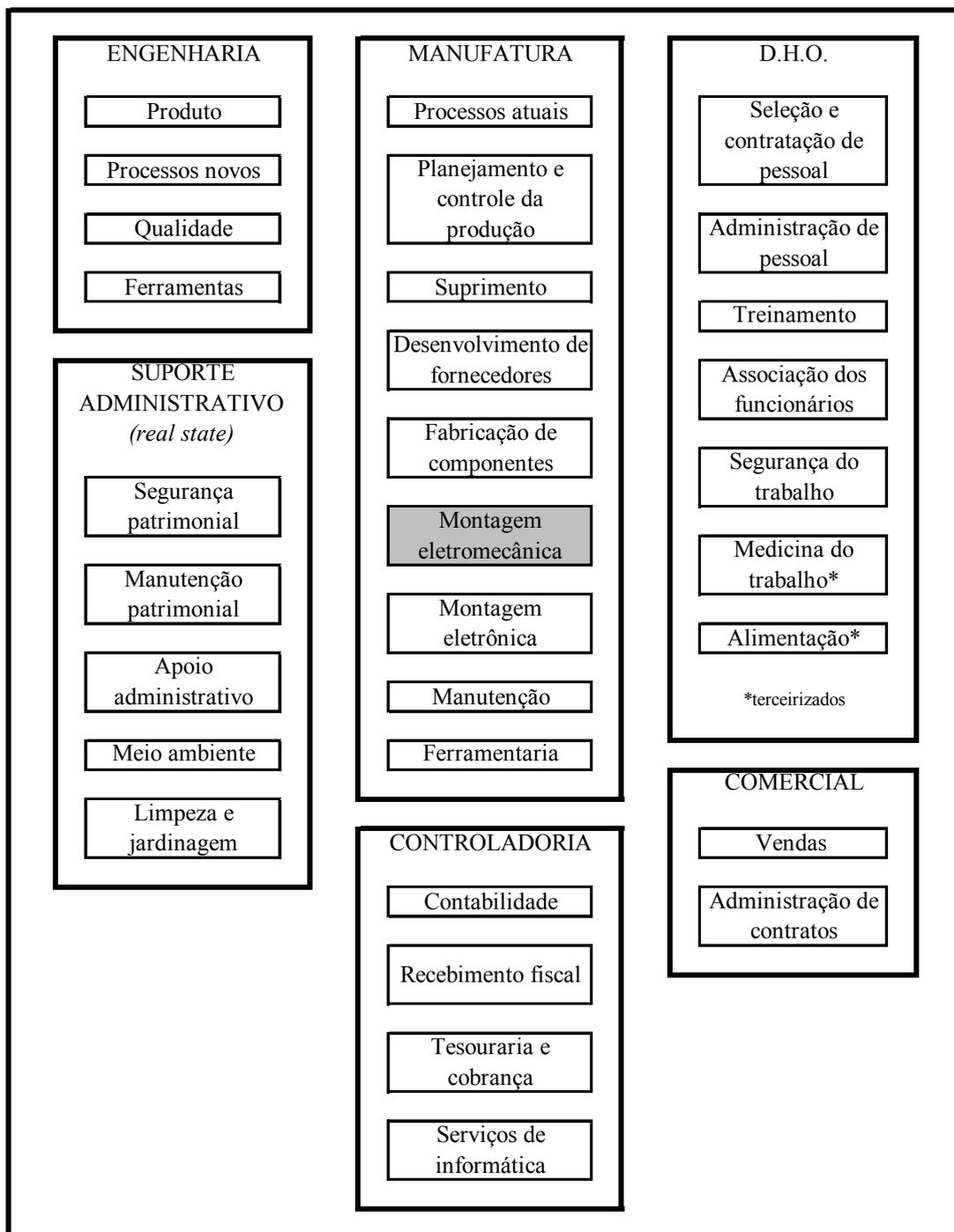


Figura 3: Estrutura organizacional da ABB MEDICÃO DE ENERGIA - áreas e respectivos setores.

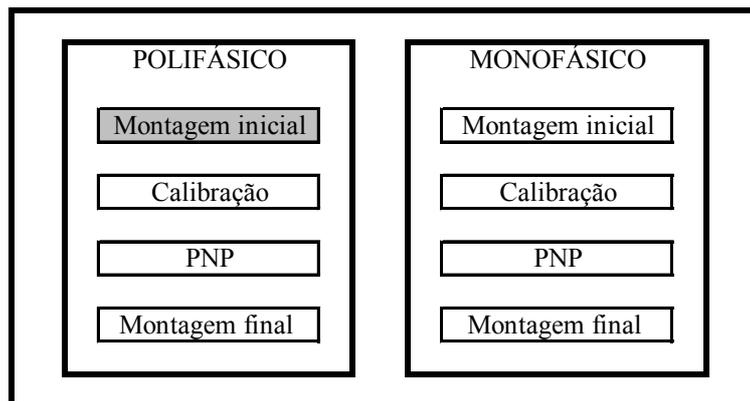


Figura 4: Subsetores do setor da montagem eletromecânica da área de manufatura. A parte hachurada corresponde ao subsetor de montagem inicial polifásica, foco principal deste trabalho.

Tabela 1: Turnos de trabalho ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA. Fonte: DHO - nov/1999.

Turnos	Horário de trabalho	Horário de intervalos	Carga horária diária	Horas trabalhadas
TA	07:30 - 17:40 (2ª a 5ª-feira)	12:00 - 13:00 (almoço)	10,17 horas (2ª-feira a 5ª-feira)	9,17 horas (2ª-feira a 5ª-feira)
	07:30 - 16:40 (6ª-feira)		9,17 horas (6ª-feira)	8,17 horas (6ª-feira)
TN	06:50 - 17:09 (2ª a 5ª-feira)	11:00 - 11:10 (AFL)	10,34 horas (2ª-feira a 5ª-feira)	8,82 horas (2ª-feira a 5ª-feira)
	06:50 - 16:09 (6ª-feira)	11:10 - 12:10 (almoço) 15:00 - 15:15 (lanche)		
T1	05:46 - 14:00 (2ª-feira a sábado)	09:50 - 10:00 (AFL) 10:00 - 10:30 (almoço)	8,25 horas	7,58 horas
T2	14:00 - 23:55 (2ª-feira a sábado)	18:30 - 19:30 (janta) 20:40 - 20:50 (AFL)	9,92 horas	8,75 horas
T3	22:15 - 05:29 (domingo a 6ª-feira)	01:00 - 01:30 (ceia)	7,25 horas	6,75 horas

O turno administrativo vigora em praticamente todas as áreas da empresa, sendo os turnos TN, T1, T2 e T3 comuns em alguns setores, e respectivos subsetores, da área de manufatura, especificamente, fabricação de componentes, montagem eletromecânica e montagem eletrônica.

A seguir, dispõe-se sobre o subsetor de montagem inicial polifásica e dos medidores eletromecânicos polifásicos ativos, alvos deste estudo.

Subsetor de montagem inicial polifásica

O estudo de caso desta dissertação de mestrado foi realizado junto ao subsetor de montagem inicial polifásica do setor de montagem eletromecânica. Este subsetor destina-se à montagem manual de medidores eletromecânicos nas versões polifásico ativo ou reativo. É o primeiro subsetor do setor de montagem eletromecânica, sendo precedido, na seqüência, pelo subsetor de calibração polifásica.

Quando do início das atividades da dissertação na empresa, isto é, novembro de 1997, o sistema de manufatura vigente era o linear. Havia duas linhas de montagem iguais, ou seja, o número de postos de trabalho, o número de operadores, a tarefa a cargo de cada operador e os meios de trabalho em cada posto eram idênticos, sendo constatado, apenas, pequenas diferenças entre ambas, no tocante a algumas dimensões do mobiliário.

Nesta mesma ocasião, este subsetor ocupava uma área equivalente a 101,3 m² e seu quadro de funcionários era constituído por 21 funcionários - 10 operadores de cada linha mais supervisor (01), sendo apenas 5 do sexo masculino.

A seguir, apresentam-se os medidores eletromecânicos polifásicos ativos, alvo deste estudo.

Medidores eletromecânicos polifásicos ativos

Os medidores eletromecânicos polifásicos ativos são compostos por duas famílias: a família de medidores bifásicos, modelos D8L e B8L, e a família de medidores trifásicos, modelo T8L.

A característica determinante destas famílias consiste no número de elementos motores do medidor, ou seja, no número de eletroímãs de corrente e de eletroímãs de tensão do medidor, os quais, combinados aos pares, são responsáveis pela força motriz mecânica do medidor. Na família bifásica, o medidor possui 2 elementos motores: 2 eletroímãs de corrente e 2 eletroímãs de tensão, e na trifásica, 3 elementos motores: 3 eletroímãs de corrente e 3 eletroímãs de tensão. Em relação aos modelos bifásicos D8L e B8L, a diferença fundamental entre eles reside no núcleo magnético do eletroímã de corrente correspondente a 1^a fase, o qual no D8L é constituído por 1 enrolamento de ferro-silício e, no B8L, por 2 meios enrolamentos.

As características dos medidores consistem em especificações prescritas em normas técnicas oficiais nacionais (ABNT) e internacionais (IEC, ANSI, COVENIN e DIN) e por clientes, tais como número de elementos motores do medidor, corrente e tensão da energia elétrica a ser medida e tipo de ligações entre os componentes.

As características que importam para este trabalho de dissertação são aquelas que podem gerar o agrupamento dos medidores para a análise de produtividade, a saber, número de elementos motores, corrente do medidor, tensão do medidor, linha carga ou seqüencial, elo interno ou elo externo ou ligação 2.5A, tropicalizados ou não tropicalizados e sem acessório ou com acessório(s). A seguir, descreve-se as mesmas.

- número de elementos motores: os elementos motores do medidor são os eletroímãs de corrente e os eletroímãs de tensão, os quais, combinados aos pares, são responsáveis pela força motriz mecânica do medidor. Caracterizam a família dos medidores. No caso dos medidores polifásicos há duas famílias: a bifásica caracterizada por 2 elementos motores: 2 eletroímãs de corrente e 2 eletroímãs de tensão, e a trifásica, por 3 elementos motores: 3 eletroímãs de corrente e 3 eletroímãs de tensão.

Salienta-se que os condutores relativos ao sistema de alimentação (da concessionária de distribuição) vêm conectados aos elementos motores. Relacionam-se com o número de fios do sistema de distribuição de energia elétrica, ou seja, às fases (1^a, 2^a e 3^a) e o neutro. As combinações mais freqüentes entre o número de elementos motores e o número de fios para os modelos polifásicos estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Combinações entre o número de elementos motores e o número de fios para os modelos D8L 15A e T8L 15A com características de montagem padrão.

Modelos	n ^o de elementos motores	n ^o de fios
D8L	2	3 (1 ^a e 3 ^a fases e neutro)
T8L	3	4 (1 ^a , 2 ^a e 3 ^a fases e neutro)

- corrente medidor: a corrente dos medidores ABB situa-se numa faixa que varia de 25A a 200A. Por exemplo: 2.5A, 5A, 10A, 15A, 20A, 30A, 40A, 90A e 200A. As correntes mais freqüentes (ou solicitadas) nos medidores eletromecânicos polifásicos ativos são 15A e 30A. Salienta-se que a corrente do medidor repercute nos componentes (dimensões,

morfologia e peso), nas operações e processos (procedimentos, número e seqüenciamento) e, por conseqüência, no tempo de montagem e nas ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos (dimensões, morfologia e tecnologia).

- tensão do medidor: a tensão dos medidores ABB situam-se numa faixa que varia de 110V a 480V. Por exemplo: 110V, 115V, 120V, 240V, 360V, 380V, 440V e 480V. As tensões mais freqüentes (ou mais solicitadas) nos medidores eletromecânicos polifásicos ativos são 120V e 240V.

A tensão do medidor é proveniente das espiras internas que constituem os eletroímãs de tensão (do número de voltas do fio ao redor do núcleo do eletroímã de tensão). Por exemplo, 2.825 espiras conferem ao eletroímã uma tensão de 120V, 5.650 espiras 240V e 11.000 espiras 440V. Deve ficar claro que o número de espiras internas não repercute nas dimensões, morfologia e peso dos eletroímãs de tensão, nem nas operações e processos relativos à montagem inicial polifásica, exatamente o oposto do que ocorre em função da corrente do medidor. Por outro lado, em se tratando do subsetor de calibração polifásica, a tensão interfere nas características tecnológicas dos processos de manufatura DEMAG e banca de aferição.

- Linha Carga (LC) ou seqüencial: correspondem ao tipo de ligações entre os eletroímãs de corrente. Implicam em operações de montagem distintas.

- elo interno (placa de ligação) ou elo externo ou ligação 2.5A: correspondem ao tipo de ligações entre os eletroímãs de tensão e os eletroímãs de corrente, sendo a ligação 2.5 exclusiva dos medidores com corrente equivalente a 2.5 A. Implicam em operações de montagem distintas.

- tropicalizados ou não tropicalizados: esta categoria dispõe da necessidade, ou não, de se maximizar as propriedades mecânicas superficiais dos componentes (na sua maioria de alumínio ou latão) no tocante à resistência à corrosão. Os componentes que recebem tratamento superficial são denominados tropicalizados, como é o caso dos componentes estanhados e os cromatizados. Do contrário, são denominados não tropicalizados.

- sem acessório ou com acessório(s): esta categoria prevê o acoplamento, ou não, de acessórios aos medidores, a saber, catraca, Terminal Terra (TT), led's, sensor, emissor de pulso e sobre tampa. Destes, somente os dois primeiros já vem conectados em

componentes específicos do fornecedor. Os demais são acoplados aos medidores pelos próprios montadores da montagem inicial polifásica.

A partir destas características, os medidores são agrupados por família (conforme visto anteriormente), os modelos divididos em grupos, a saber, convencional e especial, e as operações e os processos de produção classificados em padrão e não padrão. A seguir, dispõe-se sobre estes dois últimos.

Grupos convencional e especial

A divisão dos modelos em dois grupos é feita com base nas características dos medidores. Das características acima mencionadas, a corrente do medidor, que repercute nas dimensões, morfologia e peso dos medidores, entre outros, é uma das características utilizadas para a divisão dos modelos em grupos. Os modelos cuja corrente é 15A pertencem ao grupo convencional, sendo os com correntes diferente a esta, por exemplo, 2.5A, 30A, 90A e 200A, ao grupo especial.

Classificação das operações e dos processos de produção

A classificação das operações e dos processos de produção (montagem, calibração e de inspeção associados nestes duas) em padrão e não padrão é feita com base nas implicações das características dos medidores nas atividades de produção.

Na empresa, são considerados medidores com características de montagem padrão, isto é, com operações e processos de produção padrão, aqueles que apresentam as seguintes características: tensão (110V a 480V) - linha carga - elo interno - tropicalizados ou não tropicalizados - sem acessório ou com acessórios (especificamente: catraca, terminal terra). Havendo qualquer variação em uma destas características, o medidor é enquadrado em características de montagem não padrão. Salienta-se, contudo, que esta convenção é válida somente para o subsetor de montagem inicial polifásica e para o processo de manufatura DEMAG.

De um modo geral, as operações e os processos dos modelos com características padrão são semelhantes, ocorrendo diferenças somente para o que diz respeito ao número de repetições de uma mesma operação. Por exemplo, o modelo T8L possui 3 eletroímãs de corrente e o D8L 2. As operações implicadas para a montagem de cada um destes

componentes no medidor é exatamente a mesma (colocação e fixação), contudo no T8L esta operação é repetida 3 vezes e no D8L duas.

Em relação aos acessórios, alguns implicam em mais uma ou duas operações de montagem, especificamente, os acessórios led's, sensor, emissor de pulso e sobre tampa. Os acessórios catraca e Terminal Terra (TT) não interferem nas operações e processos padrão pois já vêm acoplados em componentes específicos do fornecedor, a saber, a catraca vem conectada nos componentes conjunto rotor (bigode da catraca, que é a trava) e na armação (pino da catraca) e o TT na lateral direita da base, sendo utilizado somente em medidores com corrente equivalente a 30A.

Desenvolvimento de produto

Em função das necessidades dos clientes e/ou da empresa, os modelos de cada família são reconfigurados ou reportados, ou um novo projeto de medidor é desenvolvido. As necessidades dos clientes da ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA consistem, basicamente, no atendimento às especificações prescritas em normas técnicas ou pelos próprios clientes, superior funcionalidade/desempenho e vida útil do produto, custo, flexibilidade quanto ao número de unidades por pedido e cumprimento do prazo de entrega. Para a ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA as necessidades dos clientes são necessidades da empresa, à medida que tem a satisfação do cliente como fundamental entende que é obtida mediante o atendimento de suas necessidades. Das necessidades dos clientes, especificações técnicas, qualidade, custo e vida útil do produto são as que têm maior interferência nas atividades da engenharia de produto. Paralelamente há, também, a necessidade de atendimento às metas estabelecidas pela organização mundial ABB. Nesse sentido, a engenharia de produto da empresa, especificamente, está engajada, atualmente, às metas multiculturalismo e multiglobalização, desenvolvendo projetos de medidores em conjunto com as unidades ABB - Stone e ABB - Buenos Aires, vistas à padronização dos medidores ABB.

A reconfiguração dos medidores é orientada pelas especificações provenientes dos clientes. Implica em pequenas alterações no modelo padrão através da substituição de componentes padrão por outros similares, tais como, tipo/formato da cabeça do parafuso, número de espiras do eletroímã de tensão e tratamento superficial dos componentes, e/ou mediante o acoplamento de acessórios ao modelo padrão.

O reprojeção, como o próprio nome sugere, consiste no reprojeção de um número reduzido de componentes padrão (entre 1 e 3). Está voltado para melhorias vistas, basicamente, à qualidade do produto, definida na empresa por superior funcionalidade/desempenho, e a redução dos custos unitários dos componentes. Exemplos de reprojeção são: a modificação do *design* do suporte do registrador, a substituição da matéria-prima da base do medidor de alumínio para PPO+PS (plástico de engenharia) e a substituição do material do bloco de terminais de baquelite para Noryl.

Salienta-se que tanto a reconfiguração quanto o reprojeção podem implicar ou não em alterações nas operações e processos de produção padrão bem como requerer ou não ferramentas, equipamentos, etc, específicos.

O projeto consiste no desenvolvimento de um novo medidor, envolvendo estudo e projeto de novos componentes (não necessariamente todos), acessórios, processos de fabricação entre outros. Tradicionalmente, os motivadores deste processo são os clientes, cujas especificações técnicas solicitadas inexistem no banco de dados da empresa.

Em virtude desta flexibilidade de composição de novos tipos de medidores, a empresa, para facilitar as atividades das áreas de engenharia, manufatura e comercial, principalmente, utiliza-se de um catálogo de componentes, fichas técnicas e folhas de processo. A seguir, os mesmos são abordados.

O catálogo de componentes contém todos os tipos de componentes (e versões variantes de cada componente) e subconjuntos de componentes agrupados em blocos, segundo os tipos de medidores. Dispõe, também, de lista de componentes para cada tipo de medidor, com desenhos, especificações de projeto e quantidades de cada componente, mais desenhos e especificações de projeto do respectivo medidor. De um modo geral, este catálogo é um elemento facilitador para a composição de novos tipos de medidores, tanto para o comercial quanto para a engenharia de produto, sendo para este último, também, um documento de registro.

A Ficha Técnica (FT) contém as informações para a fabricação, tais como modalidade, sistema de medição, versão, família, modelo, tipo do medidor e respectivas características e referência do correspondente catálogo de componentes (logo, lista, especificações e desenhos dos componentes e do respectivo medidor) e da folha de processo. Para cada tipo de medidor há uma FT, a qual é identificada por um número.

A folha de processo contém as especificações para a produção, como por exemplo as operações e os processos de produção e classe de exatidão da calibração, na forma prescrita e em desenhos. Pela ótica da ergonomia, as informações contidas na folha de processo correspondem ao trabalho prescrito.

Capítulo 4 - Intervenção ergonômica no subsetor de montagem inicial polifásica

A intervenção ergonômica procedida junto ao subsetor de montagem inicial polifásica seguiu o método proposto Guimarães (2000) – Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT), dentro de uma abordagem participativa.

Este método propõe a participação dos trabalhadores e a consolidação de um Comitê de Ergonomia (COERGO) na empresa para atuar junto com os *experts*, em todas as etapas da intervenção ergonômica – levantamento inicial ou apreciação ergonômica, análise ou diagnose ergonômica, proposta de soluções ou projeção ergonômica, avaliação ou validação ergonômica e detalhamento ergonômico e otimização do sistema. O conhecimento do *expert* é fundamental *a posteriori*, quando da análise dos problemas e propostas de soluções. Os métodos e técnicas da pesquisa descritiva são utilizados para investigar os problemas, avaliar e validar as soluções propostas e, posteriormente, para acompanhar o experimento em funcionamento. Em função da situação, objetivos e meios disponíveis, este método prevê, também, a utilização de outros métodos e técnicas de uso corrente em outras áreas de conhecimentos, da engenharia, por exemplo. Quanto a conduta do investigador prevê, em primeiro lugar, o respeito aos investigados no tocante a liberdade de escolha em participar ou não dos eventos da intervenção. Também, que o investigador, durante todas as etapas da intervenção, mantenha-se atento para que seus modelos mentais, experiências anteriores e abordagens teóricas não o influenciem no momento da captação das informações e dados, para evitar distorções quanto às informações levantadas e fatos observados.

Desde o início, todas as questões foram discutidas entre a equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS, integrantes do Comitê de Ergonomia organizado na empresa, no caso representado por engenheiros (de produção, de processo e de produto), médico do trabalho, técnico de segurança do trabalho, supervisor de linha e, principalmente, os próprios operadores da montagem inicial polifásica.

Para a coleta dos dados de campo fez-se uso dos métodos e técnicas da pesquisa descritiva. A observação (assistemática, sistemática, direta, indireta e registro do comportamento) e a inquirição (entrevista, verbalização, questionário) foram utilizadas para investigar os

problemas durante o período de levantamento inicial de informações e dados, de avaliação e validação das soluções propostas e, posteriormente, para acompanhar/avaliar o sistema celular em funcionamento.

Para as observações sistemáticas utilizou-se câmara de vídeo cassete, fita métrica (trena) e balança.

Em relação às filmagens, salienta-se que os operadores foram consultados, sendo filmados somente os que autorizaram. Quanto ao procedimento, instalada a câmara de vídeo, 30 minutos após iniciava-se a filmagem (ou seja, nos 30 primeiros minutos os funcionários pensavam que estavam sendo filmados), numa tentativa de os registros reportarem a situação com naturalidade.

O registro do comportamento foi procedido a partir de análise biomecânica, a qual consistiu na confrontação dos movimentos e posturas adotados dos operadores durante a realização das atividades da tarefa com os princípios da biomecânica ocupacional, conforme Guimarães (1998), medição de frequência de repetição de mesmos movimentos e verificação de peso.

As entrevistas consistiram em um número pequeno de perguntas abertas e não estruturadas, isto é, sem planejamento prévio rigoroso e com flexibilidade para, em função das respostas obtidas, realizar outras perguntas que se mostrassem pertinentes. Foram conduzidas pelo investigador e, sempre que possível, foram iniciadas a partir de conversação com o entrevistado sobre o tema que se desejava investigar. Tiveram por objetivo investigar fatores subjetivos e/ou individuais (como por exemplo, queixas de desconforto e de dor e experiência dos trabalhadores), elementos facilitadores e constrangedores do trabalho (posição dos componentes, tipo de ferramentas, por exemplo) e a opinião dos trabalhadores em relação aos problemas encontrados e as soluções propostas.

Salienta-se que em nenhum momento a empresa se opôs à presença do investigador no chão de fábrica, à realização de filmagens, nem tampouco com o fato dele “conversar” com os trabalhadores.

Para o registro das informações coletadas a partir de observações assistemáticas ou sistemáticas diretas ou indiretas (com exceção das filmagens), entrevistas e verbalizações, utilizou-se uma caderneta de campo a qual consiste em um simples caderno de anotações.

De modo a garantir a fidelidade das informações registradas, esta caderneta foi estruturada da seguinte forma: no corpo principal da página, escreveu-se as informações tal como foram narradas e os fatos como observados; à parte, no rodapé da página, se voluntário, o investigador escreveu a sua interpretação pessoal e/ou avaliação das informações e dos fatos.

Salienta-se que esta mesma caderneta foi utilizada, também, para registrar todos os momentos, procedimentos e tomadas de decisões decorrentes quando da análise das informações e dados, proposição de soluções, validação e avaliação do protótipo e, inclusive, do sistema celular em funcionamento.

Nos itens a seguir dispõe-se das quatro etapas da intervenção ergonômica na ABB MEDIÇÃO DE ENERGIA.

Apreciação ergonômica ou levantamento inicial

A apreciação ergonômica principia com o reconhecimento da situação, identificação dos problemas ergonômicos e culmina com a análise da tarefa.

Alguns exemplos de problemas ergonômicos são: interfaciais, acionais, cognitivos, movimentacionais, físico-ambientais, operacionais, organizacionais. Moraes e Mont'Alvão (1998) dispõem da categorização e taxionomia dos problemas ergonômicos.

A análise da tarefa é um dos elementos básicos para se melhorar as condições de trabalho. Constitui-se no estudo e análise das interações que ocorrem entre o sistema homem-máquina em funcionamento num dado ambiente organizacional e físico, sempre com foco no ser humano. Tem por objetivo identificar o comportamento dos trabalhadores, as inconsistências entre o trabalho prescrito e o real, os constrangimentos impostos pelas atividades da tarefa, pelos meios de trabalho e pela organização do trabalho, vistas a melhoria das condições de trabalho. Há que se esclarecer, ainda, que a expressão análise da tarefa não é universal entre os ergonomistas. Neste trabalho seguiu-se a abordagem inglesa e americana, onde a expressão análise da tarefa é utilizada tanto para o trabalho prescrito quanto para o trabalho real (ou descrito).

“Os ergonomistas franceses utilizam a expressão *análise do trabalho*, reservam o termo *tarefa* para o trabalho prescrito e tratam como *atividade* o comportamento/desempenho do operador. A abordagem inglesa e americana, ou usa *análise da tarefa* para o prescrito e real, ou fala de *descrição do sistema* ou *descrição da tarefa* ao se referir ao trabalho prescrito e de *análise da tarefa* ou, mais precisamente, ‘análise do comportamento da tarefa’ em relação ao real” (Moraes e Mont’Alvão, 1998).

Neste estudo de caso, a apreciação ergonômica foi realizada junto ao subsetor de montagem inicial polifásica e ao processo de pré-calibração do subsetor de calibração polifásica, ambos do setor de montagem eletromecânica.

A investigação do processo de pré-calibração foi decorrente do objetivo de se alargar e enriquecer as atividades no novo sistema de montagem. A idéia inicial era investigar todas as atividades desempenhadas no subsetor de calibração polifásica, localizado imediatamente após o subsetor de montagem inicial polifásica, para posterior seleção de algumas atividades para o novo sistema de montagem. Esta proposta, contudo, foi restringida, logo no início, ao processo de pré-calibração, tanto pelo corpo técnico da empresa quanto pelos operadores da calibração e da montagem inicial, à medida que o mesmo era o menos complexo do subsetor de calibração polifásica, ou seja, não implicava em conhecimentos técnicos tal como os demais processos deste setor.

Num primeiro momento, levantou-se informações gerais sobre a organização do trabalho (leiaute, tarefas, ritmo de produção, turnos), o produto (modelos, tipos, componentes, operações e processos, dimensões e peso), os postos de trabalho (dimensões), equipamentos, ferramentas e dispositivos de apoio à montagem e de testes (dimensões e peso), queixas de dor, sintomas e casos de doenças ocupacionais e sobre as condições do ambiente psico-social e físico de trabalho. Com base nessas informações, iniciou-se a categorização dos problemas ergonômicos.

Num segundo momento, levantou-se e coletou-se informações e dados sobre o trabalho prescrito e o trabalho real, as necessidades e exigências da tarefa a cargo de cada operador, o comportamento dos operadores e os constrangimentos impostos aos trabalhadores em cada posto da linha e junto ao equipamento DEMAG (ou processo de pré-calibração), vistas a análise da tarefa.

Posteriormente, coletou-se informações e dados acurados sobre as operações e os processos implicados na linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG, especificamente, seqüenciamento/precedência das operações e processos, respectiva necessidade de componentes, ferramentas, dispositivos e equipamentos e tempos, vistas ao dimensionamento do novo sistema de montagem.

Os métodos e técnicas utilizados para a obtenção destas informações foram: observações diretas (assistemática e sistemática) e observações sistemáticas indiretas (análise de filmagens), registro do comportamento, entrevistas abertas e verbalizações. Os recursos implicados consistiram em câmara de vídeo, fita métrica e balança. Todas as informações foram registradas na caderneta de campo, exceto àquelas obtidas mediante filmagens.

A seguir relacionam-se as informações e dados aos métodos e técnicas utilizados:

- condições gerais do trabalho: observações assistemáticas e sistemáticas direta (no próprio local de trabalho), observações sistemáticas indiretas (análise de filmagem) e entrevistas abertas com os próprios funcionários da montagem, supervisor de linha, engenheiros, médico do trabalho, técnico em segurança do trabalho e responsável da área de recursos humanos;

- sobre a tarefa a cargo de cada operador da linha de montagem: as informações sobre a trabalho prescrito foram fornecidas por um engenheiro de processo, o trabalho real foi obtido através de verbalizações no próprio local de trabalho, ou seja, as atividades foram descritas pelos próprios operadores, no seu local de trabalho; as necessidades e exigências das atividades da tarefa foram identificadas por meio de entrevistas abertas com os trabalhadores e observações;

- registro do comportamento: o registro do comportamento integra a análise da tarefa; foi efetuado a partir de observações sistemáticas diretas e indiretas (análise de filmagens).

Num primeiro momento, buscou-se identificar os comportamentos (posturas, acionamentos, deslocamentos, etc) adotados pelos operadores para a realização da tarefa no próprio local de trabalho. Posteriormente, procedeu-se uma análise biomecânica (análise de filmagens) dos comportamentos registrados em cada posto da linha de montagem e junto ao equipamento DEMAG. Esta análise contou com a colaboração de uma fisioterapeuta e consistiu na confrontação entre os princípios da biomecânica ocupacional (em Guimarães, 1998) e os comportamentos adotados pelos operadores

durante a realização da tarefa. Auxiliou na identificação dos constrangimentos impostos aos trabalhadores dado as atividades da tarefa, meios e postos de trabalho.

Salienta-se que as entrevistas e verbalizações sempre foram realizadas no local de trabalho, isto é, nos subsetores de montagem inicial polifásica e calibração polifásica, salvo quando as informações procediam de outras áreas da empresa, e contaram com a participação de todos.

Nos itens a seguir, apresentam-se os resultados desta primeira etapa do trabalho.

Descrição da Linha de Montagem Inicial Polifásica

A linha de montagem inicial polifásica destina-se à montagem manual de medidores eletromecânicos, versões polifásico ativo ou reativo, modelos D8L, B8L e T8L e respectivos tipos. Era composta por 10 postos de trabalho intercalados por áreas de estoque de material em processo e 10 operadores. O trabalho era realizado sentado, não havendo alternância de postura durante o trabalho - pé, sentado ou pé/sentado. Sob a bancada havia apoio fixo para os pés. Na Figura 5 tem-se ilustrada a linha de montagem inicial polifásica.



Figura 5: Linha de montagem inicial polifásica.

A montagem seguia em linha, ao longo de uma bancada fixa. A cada posto cabia uma pequena parcela do processo de montagem: tarefas de montagem, de fixação de componentes, de ajuste/centragem, de teste e/ou de limpeza, cujas atividades implicadas consistiam, na sua maioria, em habilidades motoras amplas e fina, de média a baixa precisão.

A tarefa a cargo de cada operador era composta por um pequeno número de atividades - entre 1 e 4 operações principais (em Anexo 1, Tabela 38). O tempo de duração da tarefa em cada posto igualmente era reduzido, variando entre 0,6486 min e 1,0045 min, dependendo do posto, do tipo do medidor e da habilidade do operador. Em decorrência, os movimentos de membros superiores eram repetitivos e estavam associados a posturas, gestos e levantamento de peso (em Tabela 3) inadequados segundo a ótica da biomecânica ocupacional (em Guimarães, 1998).

Tabela 3: Peso dos medidores D8L 15A e T8L 15A, com características de montagem padrão, ao final dos postos da linha de montagem inicial polifásica.

Posto	D8L 15A (kg)	T8L 15A (kg)
1	0,756	0,950
2	1,013	1,537
3	1,700	2,227
4	1,737	2,455
5	1,919	2,637
6	1,955	2,661
7	1,979	2,674
8	2,018	2,713
9	2,129	2,724
10	2,131	2,726
11	2,131	2,726
Total	2,131	2,726

Os componentes a serem manuseados vão desde pequenos parafusos, passando por eletroímãs de tamanho médio (4 cm x 4 cm x 4 cm), chegando a componentes maiores como a base do medidor (aproximadamente 15 cm x 5 cm x 17 cm). Encontravam-se dispostos à frente do operador e/ou no entorno. Alguns contavam com caixas e suportes de ferro mas outros encontravam-se depositados sobre a própria bancada de trabalho e no chão. No Quadro 12 (em Anexo 1) apresenta-se a lista dos componentes implicados na montagem inicial polifásica.

A fixação dos componentes dava-se por aparafusamento, havendo somente uma operação de fixação por encaixe, especificamente entre a base do medidor e bloco. Para a fixação por aparafusamento eram utilizadas aparafusadeiras pneumáticas, com acionamento automático e suspensas por contrapeso, sendo que algumas fixações, ainda, eram realizadas manualmente com chave convencional. As demais operações, igualmente, eram realizadas manualmente, sendo que algumas contavam com dispositivos de apoio à montagem.

Cada posto dispunha de ferramentas, dispositivos de apoio à montagem e de testes e equipamentos específicos. No Quadro 13 (em Anexo 1) dispõe-se dos meios de trabalho manuseados junto à linha de montagem inicial polifásica.

A área útil para o trabalho em cada posto da linha era determinada em função dos componentes e meios de trabalho implicados em cada posto. Não se percebia um planejamento prévio quanto às necessidades da tarefa e do produto nem quanto à posição meios de trabalho sobre a bancada em relação à área útil para o trabalho e às posturas assumidas.

As dimensões dos 10 postos de trabalho eram praticamente iguais, com exceção da área útil para o trabalho e do tipo de apoio para os pés, referidos neste trabalho por tipo 1 e tipo 2. Quanto à alocação dos tipos de apoio para os pés tinha-se o seguinte: o tipo 1 encontrava-se nos postos 1, 2, 4, 5, 8 e 10 e o tipo 2 nos postos 3, 6, 7 e 9, respectivamente nas duas linhas.

Nas Tabelas 4, 5 e 6 apresentam-se as dimensões dos postos da linha mais as diferenças dimensionais entre as duas linhas, referidas por L1 e L2. Na Tabela 7, as dimensões do assento.

Tabela 4: Dimensões da bancada de trabalho relativas às linhas de montagem inicial polifásica.

Bancada (contínua, sem regulagem, com postos intercalados por áreas de estoque de material em processo).	Dimensões (cm)
Altura	92 (L1) e 90 (L2)
Largura	61
Profundidade	57
Espessura	8
Área útil para o trabalho em cada posto:	larg x prof (cm ²)
Posto 1	61 x 34
Posto 2	61 x 27
Posto 3	trabalho sobre dispositivo(*)
Posto 4	61 x 33
Posto 5	61 x 38
Posto 6	44 x 57
Posto 7	44 x 57
Posto 8	61 x 28
Posto 9	61 x 25
Posto 10	61 x 25
Área de estoque de material em processo (total)	50 x 57
Área de estoque de material em processo (útil)	48 x 55 (**)

(*) No posto 3 todas as atividades são executadas sobre um dispositivo de apoio à montagem fixo no centro da bancada. As dimensões deste dispositivo são: largura 21 cm, altura 37,5 cm e profundidade (da base inferior) 5,5 cm.

(**) Esta redução na área total é devido à presença de baguetes de madeira (2.5 cm de altura e 2 cm de largura) no entorno da área de estoque de material em processo.

Tabela 5: Dimensões dos apoios para os pés, tipos 1 e 2, relativas a linha 1.

Apoio para os pés - linha 1 (fixo, contínuo sob a bancada de trabalho)	Tipo 1 dimensões (cm)	Tipo 2 dimensões (cm)
Altura máxima da parte posterior	20,5	29
Altura mínima da parte inferior	17	24,5
Inclinação	13,5°	17,5°
Largura útil (*)	61	61
Profundidade inclinada	15	15

(*) A largura total sob a superfície de trabalho é 61 cm. Devido a existência de uma gaveta a direita de cada posto, cujas dimensões impedem a entrada das pernas (a saber, 25 cm de largura, 15 cm de altura e 50 cm de profundidade), restam somente 36 cm de largura, sob a bancada, para apoiar os pés.

Tabela 6: Dimensões dos apoios para os pés, tipos 1 e 2, relativas a linha 2.

Apoio para os pés - linha 2 (fixo, contínuo sob a bancada de trabalho)	Tipo 1 dimensões (cm)	Tipo 2 Dimensões (cm)
Altura máxima da parte posterior	23	33
Altura mínima da parte inferior	16	26
Inclinação	27,8°	27,8°
Largura útil (*)	61	61
Profundidade inclinada	15	15

(*) A largura total sob a superfície de trabalho é 61 cm. Devido a existência de uma gaveta a direita de cada posto, cujas dimensões impedem a entrada das pernas (a saber, 25 cm de largura, 15 cm de altura e 50 cm de profundidade), restam somente 36 cm de largura, sob a bancada, para apoiar os pés.

As bancadas da linha de montagem eram constituídas por perfis e chapas metálicas. A cor da linha era azul não sendo verificada a presença de manutenção (havia riscos na superfície das bancadas). A das cadeiras era preta, onde algumas aparentavam estar no limite de sua vida útil (conforme pode ser visto na Figura 6). As dimensões do assento de trabalho estão apresentadas na Tabela 7.



Figura 6: Tipo de assento de trabalho utilizado na montagem inicial polifásica.

Tabela 7: Dimensões do assento utilizado junto às linhas de montagem inicial polifásica.

Assento (cadeira giratória, suporte para os pés em tubo - sessão circular, 5 rodízios, regulagens de altura - assento e encosto)	Dimensões (cm)
Altura máxima assento	74
Altura mínima assento	64
Altura suporte pé mínimo	14
Altura suporte pé máximo	33

Equipamento DEMAG

O equipamento DEMAG (em Figura 7) destina-se à desmagnetização do conjunto freio do medidor (também conhecido por pré-calibração), sendo operado por 1 único operador. O trabalho era realizado sempre na postura de pé, não havendo assento disponível no entorno.



Figura 7: Equipamento DEMAG utilizado para desmagnetizar o conjunto freio dos medidores polifásicos com corrente igual a 15A e características de montagem padrão.

Quando do início das atividades da dissertação, pertencia ao subsetor de calibração polifásica e localizava-se imediatamente após o posto 10 de cada linha. Em virtude dos diferentes tipos de medidores polifásicos fabricados, havia 3 equipamentos DEMAG distintos no tocante às características tecnológicas e dimensões externas. Na Tabela 8, apresentam-se as dimensões externas do equipamento DEMAG utilizado para a desmagnetização do conjunto freio de medidores polifásicos com corrente igual a 15A e características de montagem padrão.

Tabela 8: Dimensões do equipamento DEMAG e respectiva mesa de apoio.

Equipamento DEMAG	Dimensões (cm)
Altura	105
Largura	58
Profundidade	62
Área útil para o trabalho	32 larg x 35 alt (*)
Mesa de apoio (sobre a qual o equipamento está alocado)	
Altura	90
Largura	70
Profundidade	70
Espessura	8

(*) A área de trabalho situa-se a 35 cm de altura da base do equipamento.

As atividades da tarefa de desmagnetização implicam em habilidades motoras amplas e fina, de baixa precisão, acompanhamento visual contínuo e atenção, durante todo o processo de desmagnetização do freio, pois o equipamento não dispõe de alarme, ou assemelhado, para indicar o término do processo. Os medidores são calibrados um de cada vez, sendo o tempo de desmagnetização dos medidores polifásicos com características padrão em torno de 0,81 min.

Categorização dos problemas ergonômicos

A partir dos dados e informações coletados e das observações realizadas em campo, categorizou-se os problemas ergonômicos junto ao subsetor de montagem inicial polifásica e ao equipamento DEMAG conforme proposto por Moraes (1998) (em Anexo 2, Quadros 14 e 15). Nas Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 tem-se ilustrados alguns problemas ergonômicos listados nos Quadros 11 e 12.



Figura 8: Exemplo de problema interfacial na linha de montagem.

Na Figura 8, observa-se apoio para os pés dos postos de trabalho da linha de montagem inadequado às características antropométricas de 90% da população usuária.

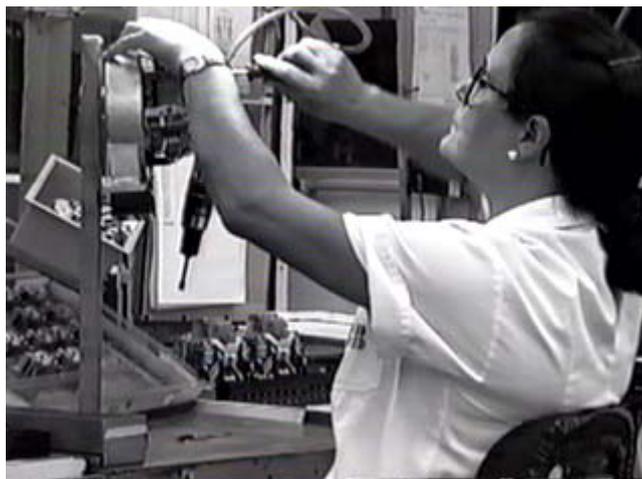


Figura 9: Exemplo de problema acional na linha de montagem.

Na Figura 9, nota-se adoção de posturas críticas precipitadoras de DORTs (braços elevados acima do nível do ombro e fora da linha neutra, giro do cotovelo, desvio ulnar do punho, cabeça em extensão) quando das atividades da tarefa de centragem junto ao dispositivo apoio (suporte vertical).

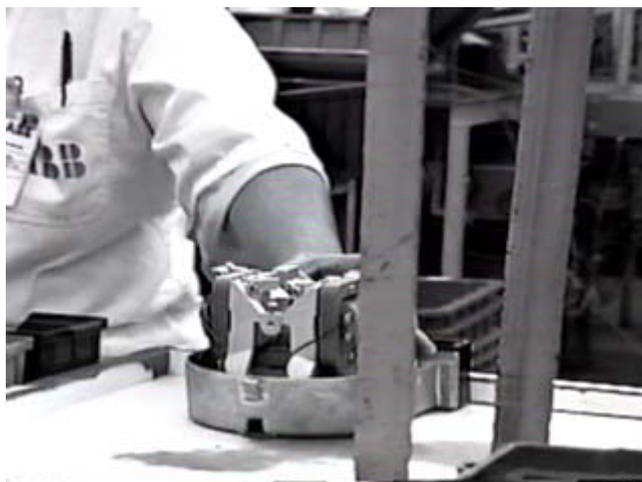


Figura 10: Exemplo de problema movimentacional na linha de montagem.

Na Figura 10, observa-se necessidade de levantar/carregar peso, associado a posturas e movimentos críticos precipitadores de DORTs (braço em adução/abdução, flexão do punho), quando do transporte do produto semi-montado da área de estoque de material em processo para a área útil de trabalho do posto e vice-versa.

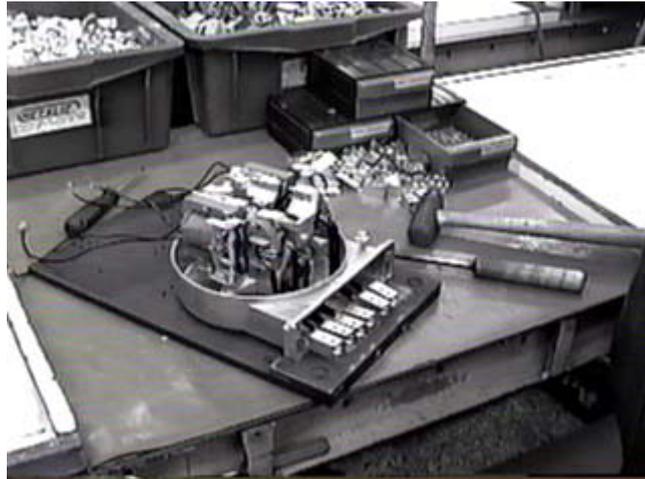


Figura 11: Exemplo de problema acidentário na linha de montagem.

Na Figura 11, constata-se isolamento elétrico dos postos de trabalho inadequado para as atividades de teste de funcionamento, ou seja, o trabalho é realizado sobre uma superfície de borracha (improvisada) uma vez que o material da bancada de trabalho dos postos (a saber, chapas metálicas) não é isolante elétrico.

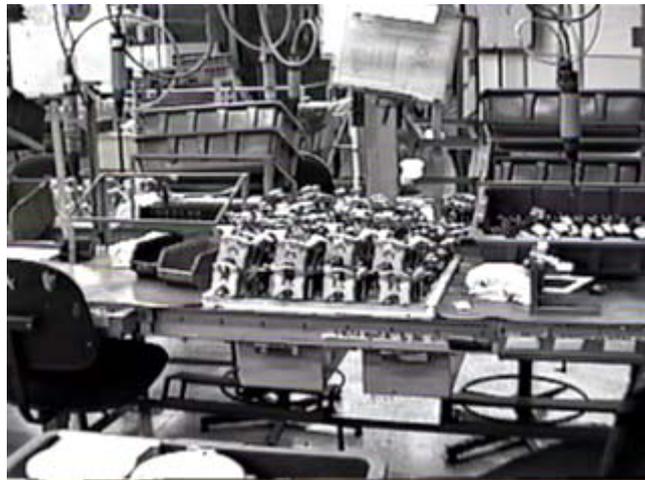


Figura 12: Exemplo de problema operacional na linha de montagem.

Na Figura 11, tem-se ilustrada a imposição do ritmo de trabalho pela formação de estoque de produtos semi-montados entre os postos de trabalho (pressão psicológica). Salienta-se que a formação destes estoques é decorrente do desbalanceamento entre os postos da linha da montagem inicial polifásica.

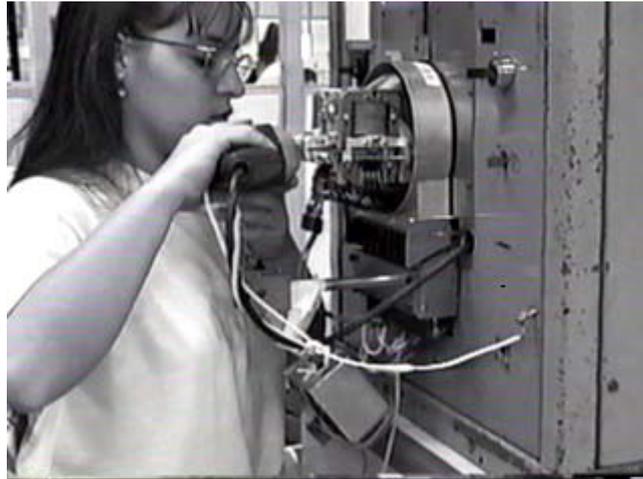


Figura 13: Exemplo de problema informacional junto ao equipamento DEMAG.

Na Figura 13, observa-se necessidade de acompanhamento visual contínuo e atenção quando das atividades de desmagnetização do conjunto freio magnético pois o equipamento não dispõe de alarme ou assemelhado para indicar o término do processo. Também, que os membros superiores e a musculatura cervical encontram-se em trabalho estático durante este mesmo período.

Diagnose ergonômica

Da análise da tarefa a cargo de cada operador da linha de montagem inicial polifásica e do processo de pré-calibração, observa-se uma extrema parcialização do trabalho, onde as atividades são realizadas em tempos reduzidos, implicam em movimentos repetitivos e estão associados a posturas inadequadas. Com base na análise biomecânica, ficou claro que as principais fontes de problema são o esforço de membros superiores para aparafusar e manutenção de posturas inadequadas da cabeça e membros superiores associados a levantamento de peso.

De um modo geral, as necessidades e exigências das atividades da montagem inicial e processo de pré-calibração polifásicos consistem em gestos de apreensão e manipulação de componentes, ferramentas, produto semi-montado, etc, para posterior montagem e fixação de componentes no produto sobre superfície de trabalho, ou seja, implicam em habilidades motoras (fina e ampla) de média e baixa precisão. Os constrangimentos impostos pelas atividades da tarefa, meios e postos de trabalho compreendem repetitividade de mesmos

movimentos em tempos reduzidos (entre 10 e 60 segundos), permanência de mesma postura de trabalho ao longo do dia (sentado no caso da linha e em pé junto ao equipamento DEMAG), adoção de posturas e movimentos inadequados, do ponto de vista da biomecânica ocupacional, associados a trabalho estático de membros superiores, levantamento de peso com objeto distante do corpo e emprego de força.

Dos problemas ergonômicos levantados, assinalam-se elementos problemáticos relevantes que implicam em maior constrangimento para o operador.

A questão do aparafusamento é complexa, pois o modelo T8L 15A com características padrão, por exemplo, conta com 42 parafusos e, o D8L 15A com características padrão, com 34. Todo o processo de fixação dos componentes se dá por aparafusamento, não havendo fixação de componentes por encaixe. Apesar de haver aparafusadeiras pneumáticas com acionamento automático disponíveis, alguns parafusos só são aparafusáveis com chaves convencionais de mão, cujas atividades implicadas, principalmente o giro do cotovelo, são precipitadoras de distúrbios osteomusculares em membros superiores. Além disso, por questão de dificuldade de aquisição de componentes de qualidade, alguns parafusos foram substituídos por auto-atarrachantes, exigindo esforço dos trabalhadores para abrir a rosca "à mão".

A operação de limpeza para retirada de limalhas (as quais impedem o correto funcionamento do produto) do conjunto medidor mostrou-se bastante árdua. Esta operação, atualmente, pode ser realizada de três formas:

(1^a) Bater no medidor empregando um martelo de borracha rígida, cujas implicações são: sustentar o medidor com uma das mãos (peso), posicioná-lo ao lado do corpo (torção da coluna e membro superior em adução associado a carregamento de peso), virá-lo 180° (giro do cotovelo associado a carregamento de peso, extensão do pulso), com a outra mão, bater com o martelo na parte posterior do medidor (emprego de força), colocar medidor sobre a bancada de trabalho (membro superior fora da linha neutra e carregamento de peso);

(2^a) Soprar o medidor com jato de ar comprimido, cujas implicações são: sustentar o medidor com uma das mãos (peso), posicioná-lo ao lado do corpo segundo o plano vertical (torção da coluna e membros superiores em adução associado a carregamento de peso), e, com a outra mão, acionar o jato de ar comprimido para a retirada da limalha, colocar medidor sobre a bancada de trabalho (membro superior fora da linha neutra e carregamento

de peso); por outro lado, ressalta-se que o jato de ar comprimido gera um no aumento nível de ruído (intermitente);

(3^a) Posicionar medidor dentro do equipamento e lançar ar sob pressão dentro do medidor, cujas implicações são: sustentar o medidor com uma das mãos (peso), conduzi-lo até o equipamento (carregamento de peso), posicioná-lo dentro do equipamento (torção e flexão da coluna e punhos em extensão, associados a carregamento de peso), acionar botão, com as duas mãos retirar medidor do dispositivo e colocá-lo sobre a bancada de trabalho (flexão e torção da coluna, punhos em extensão, membros superiores fora da linha neutra e carregamento de peso).

Outra operação que se mostrou crítica foi a de centragem do conjunto rotor, a qual consiste na colocação, pré-ajuste e centragem do conjunto rotor entre as suspensões superior e inferior e o conjunto freio magnético.

Esta operação implica na realização do trabalho nos planos horizontal, com o medidor sobre a bancada de trabalho, e vertical, com o medidor suspenso em um dispositivo de apoio (suporte vertical). As atividades desempenhadas sobre a superfície de trabalho, especificamente, posicionar o conjunto rotor entre as suspensões e conjunto freio magnético, não impõem constrangimentos ao operador. Entretanto, as realizadas junto ao dispositivo de apoio, com o medidor na vertical, impõem constrangimentos críticos, a saber: (a) elevação dos membros superiores acima do nível dos ombros, associado a levantamento de peso, ao posicionar o medidor no dispositivo de apoio; (b) membro superior elevado (apenas um braço), acima do nível do ombro, fora da linha neutra e em trabalho estático, giro do cotovelo e extensão da coluna e da cabeça, quando do ajuste do conjunto rotor entre as suspensões (isto porquê este ajuste é feito mediante aparafusamento com chave convencional manual) (c) elevação dos membros superiores acima do nível dos ombros, associado a levantamento de peso, ao retirar medidor do dispositivo de apoio e posicioná-lo sobre a bancada.

Deve ficar claro, contudo, que os demais problemas apontados nos Quadros 14 e 15 (em Anexo 2) - Categorização dos problemas ergonômicos relativos ao subsetor de montagem inicial polifásica e processo de pré-calibração, não devem ser pormenorizados e que carecem de intervenções de melhorias.

Propostas de soluções

Como proposta para minimizar os problemas relacionados com as atividades da montagem inicial polifásica recomenda-se a ampliação (enriquecimento e alargamento) das atividades da tarefa a cargo de cada operador, para ampliar o grupo de atividades desenvolvidas (logo, a utilização de diferentes grupos musculares quando da realização das atividades da tarefa e aumento do tempo de ciclo) e a percepção de função e de comprometimento por parte do trabalhador. Faz-se necessário, também, adequar os meios e os postos de trabalho vistas à adoção de movimentos e posturas adequadas, do ponto de vista da biomecânica ocupacional, e menor uso de força durante a realização das atividades. Ou seja, sugere-se a transformação do sistema de manufatura linear em celular e a readequação dos postos e meios com base nos critérios micro e macro da ergonomia.

Uma outra alternativa para os problemas relacionados com o sistema de manufatura seria a automatização do processo de montagem inicial polifásica. Esta alternativa, entretanto, mostra-se complexa para a empresa do ponto de vista teórico-prático (reprojeto dos processos e produtos) e implica em altos investimentos. Além disso, existe o problema social (desemprego), típico de países em desenvolvimento onde, normalmente, estão instaladas as fábricas de montagem

Quanto aos componentes, faz-se pertinente um controle de qualidade (definida na empresa por funcionalidade) junto aos fornecedores, à medida que o descarte de componentes durante as atividades da montagem é uma prática freqüente (salienta-se que, na ocasião, a empresa não dispunha de registros quantitativos relacionados com este problema). Além disso, faz-se necessário reavaliar a folga destinada para o encaixe entre componentes. Durante as observações assistemáticas e verbalizações sobre o trabalho desempenhado junto à linha constatou-se que os operadores utilizavam um martelo de borracha para encaixar os componentes base e bloco e uma chave de fenda manual para posicionar/encaixar os terminais dos eletroímãs de corrente no bloco. Da contraposição entre o trabalho prescrito e o trabalho real, juntamente com os montadores e engenheiros de processo e de produto da empresa, ficou claro que o problema residia na folga destinada para o encaixe entre os componentes. Adverte-se que o uso do martelo pode implicar em maior esforço físico para o operador realizar o seu trabalho, e, por outro lado, esse procedimento pode prejudicar o produto e, inclusive, implicar em um tempo maior de montagem. O uso da chave de fenda manual nesse caso em específico é crítico pois implica

em uso de força com o punho em flexão (fator precipitador de lesões osteomusculares segundo os princípios da biomecânica ocupacional).

Em relação ao produto, recomenda-se o reprojeto dos medidores com vistas à redução da quantidade de número de parafusos e do peso dos componentes, à medida que as atividades implicadas para aparafusar (tanto manual quanto por meio de aparafusadeira pneumática) e a de levantamento peso, são desconfortáveis, desgastantes e precipitadoras de lesões osteomusculares.

Quanto às relações interpessoais e clima de trabalho, constatou-se empatia entre os funcionários e engenheiro superior imediato, o qual concede oportunidades para os trabalhadores intervirem sobre o trabalho.

Dado estas recomendações, deve ficar claro, contudo, que o escopo deste trabalho é a análise do sistema de manufatura do subsetor de montagem inicial polifásica segundo os aspectos micro e macro da ergonomia e propostas de alternativas que melhor atendam o ser humano e o sistema produtivo.

Projetação ergonômica

Esta etapa da intervenção consistiu na concepção e projeto do novo sistema de montagem – conteúdo das tarefas, leiaute e mobiliário, e na adequação dos meios de trabalho, conforme disposto nos itens a seguir.

Concepção do novo sistema de montagem

A proposta de projeto para o novo sistema de montagem teve por objetivo minimizar/eliminar os problemas inerentes e/ou decorrentes na linha de montagem inicial polifásica e incorporar os aspectos micro e macro da ergonomia no novo sistema. Nesse sentido, as diretrizes de projeto estabelecidas consistiram em:

- garantir a eficácia do sistema - desempenho, funcionalidade e usabilidade;
- otimizar as atividades implicadas na montagem;

- garantir a segurança (física e mental), o conforto e a satisfação dos funcionários em relação ao seu trabalho e à organização;
- enriquecer e alargar as atividades da tarefa a cargo de cada operador;
- facilitar o trabalho no tocante às questões cognitivas;
- minimizar a frequência de utilização de mesmos movimentos durante a realização das atividades da tarefa;
- minimizar/eliminar, sempre que possível, o levantamento/carregamento de peso;
- favorecer a adoção de posturas e movimentos adequados, segundo a ótica da biomecânica ocupacional, durante a realização das atividades;
- favorecer a alternância de postura de trabalho (sentado/pé);
- conceder a oportunidade de os trabalhadores intervirem sobre as condições de seu trabalho – organização do trabalho (conteúdo das tarefas, leiaute, pausas), postos e meios de trabalho e ambiente psico-social, e viabilizarem melhorias;
- garantir que os aspectos estético-simbólicos estejam de acordo com as necessidades e desejos dos usuários.

Projeto do leiaute celular

Tendo em vista o alargamento do trabalho no novo sistema de montagem, nenhuma operação nem processo da antiga linha foi suprimido. Como elementos de alargamento e de enriquecimento, as operações de inspeção por julgamento e informativa realizadas junto à linha foram reestruturadas e o processo de desmagnetização do freio do medidor, relativo ao subsetor de calibração polifásica, foi alocada para o novo sistema. Nesta mesma ocasião, com o propósito de enriquecer e alargar ainda mais o trabalho, aventou-se o rodízio dos funcionários da montagem inicial polifásica nos outros subsetores da montagem eletromecânica, tais como calibração, fechamento e expedição, o que incutiu a idéia de multifuncionalidade na empresa.

Sobre as operações de inspeção realizadas na linha, a inspeção por julgamento dava-se por comparação (visual) a um padrão onde os operadores identificavam componentes

defeituosos de não-defeituosos. A informativa, em nível de processamento, onde os operadores verificavam a funcionalidade do produto mediante testes de funcionamento (dieletro e de ligações). Itens defeituosos (componentes, conjunto medidor) eram descartados. Estas atividades eram informais, ou seja, não estavam prescritas na folha de processo, nem havia preocupação no sentido de se identificar/listar/solucionar os problemas encontrados. Ainda, dado ao ritmo de trabalho da linha, a inspeção por julgamento no conjunto medidor ao final de cada posto nem sempre era realizada.

Para o novo sistema, essas operações foram reestrururadas e enriquecidas. Itens defeituosos (componentes, conjunto medidor) não poderão ser encaminhados para os postos seguintes. Deverão ser registrados em planilha (item defeituoso, quantidade, por exemplo) para controle de qualidade e encaminhados para o responsável de qualidade da empresa. Na medida do possível, as causas deverão ser identificadas pelos próprios operadores e os itens encaminhados à origem do problema para serem solucionados. Deve ficar claro que as operações de inspeção informativa é que enriquecerão o trabalho no novo sistema de montagem à medida que conferem responsabilidades e autonomia aos operadores.

As informações iniciais para o dimensionamento do novo sistema de manufatura compreenderam as diretrizes de projeto estabelecidas por ocasião da concepção e dados relativos aos medidores T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão - operações e processos principais, respectivos tempos de execução, precedências e tempo total de operação (em Tabela 9).

Salienta-se que neste trabalho as operações principais não foram subdivididas em essenciais e auxiliares. Ou seja, os tempos relativos às operações auxiliares (a saber, aquisição de componentes, colocação/retirada do conjunto medidor nos dispositivos e aquisição/depósito do conjunto medidor nas áreas de estoque de material em processo) estão computados nas operações principais. Considerou-se que ambas operações são igualmente importantes para o cumprimento da tarefa. Ocorrem quase que simultaneamente quando da realização das atividades da tarefa da montagem inicial polifásica. Por outro lado, não é objetivo deste trabalho uma análise de tempos e movimentos detalhada.

A heurística utilizada para o dimensionamento do novo sistema de montagem consistiu nos seguintes passos:

- a) otimizar as operações e processos relativos ao novo sistema de montagem;
- b) definir o tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador com base nos fatores humanos no trabalho;
- c) determinar o número de postos de trabalho;
- d) alocar as operações principais nos postos de trabalho;
- e) determinar o número de células.

A seguir, apresenta-se cada um destes passos.

Tabela 9: Operações principais e respectivos tempo de duração e operações precedentes relativas aos medidores T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão.

Operações e processos		T _{D8L} (min)	T _{T8L} (min)	Precedências
a'	Pegar armação (início do processo de montagem)	0,0300	0,0300	-
a	Montar e fixar eletroímãs de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na armação	0,678	0,9348	a'
b	Montar e fixar gancho da base	0,2754	0,2754	-
c	Montar e fixar conjunto armação na base	0,3864	0,3864	a
d	Montar 01 parafuso de fixação do registrador (direita)	0,0966	0,0966	a'
e	Montar e fixar eletroímãs de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª e 1ª fase, mais blindagens de 3ª e 1ª fase) na armação	0,5520	0,828	b
f	Calibrar (manual) eletroímãs de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase)	0,2900	0,4346	-
g	Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e montar ponte de neutro	0,5040	0,5088	a, b, d, e
h	Posicionar e encaixar ponte de neutro e terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) no bloco	0,4466	0,5616	g
i	Encaixar e fixar bloco na base	0,3050	0,3660	h
j	Montar 01 parafuso de fixação do registrador (esquerda)	0,1320	0,1320	a'
k	Montar e fixar parafusos dos terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase - 12 parafusos, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase - 16 parafusos)	0,6620	0,8718	i
l	Montar parafusos das suspensões superior (01) e inferior (01)	0,2005	0,2108	a'
m	Posicionar e conectar cabos de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na placa de ligação	0,1017	0,2929	a
n	Limpar medidor	0,5008	0,5008	i
o	Montar 01 parafuso de fixação da placa de ligação na armação	0,1206	0,1206	a'
p	Montar e fixar suspensão superior, conjunto rotor e suspensão inferior	0,4326	0,5220	n
q	Testar dieleto	0,1440	0,1440	e
r	Colocar número de identificação (etiqueta de código de barras)	0,1518	0,1518	c
s	Montar e fixar conjunto freio e adaptador	0,5274	0,5274	p
t	Posicionar conjunto no dispositivo e centrar rotor (retirar conjunto do dispositivo)	0,1944	0,1944	s
u	Marcar quantidade produzida no relatório de produção e perdas	0,0330	0,0330	r
v	Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e fixar placa de ligação na armação	0,3744	0,5466	e
w	Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e fixar placa de ligação na armação	0,3048	0,3048	m, v
x	Testar ligações (bifásico: 02 eletroímãs de corrente e 02 de tensão; trifásico: 03 eletroímãs de corrente e 03 de tensão)	0,1146	0,1566	t
y	Desmagnetizar freio magnético	0,8100	0,8100	w
	TTO*	8,3206	9,9417	

Otimizar as operações e processos

O primeiro passo para o dimensionamento do novo sistema de montagem consistiu na otimização das operações e processos. Teve por objetivo eliminar tempos inúteis, que não agregam valor, e maximizar os tempos efetivos de produção.

Com base nas observações feitas na apreciação ergonômica e na confrontação entre o trabalho prescrito e o real, verificou-se que poderiam ser tomadas providências no sentido de se padronizar procedimentos (cujo benefício consiste na redução da variabilidade) e simplificar as atividades da tarefa mediante o agrupamento de operações idênticas. Por outro lado, quando da análise das operações e processos principais, precedências e seqüenciamento, em conjunto com engenheiros de processo e operadores da montagem inicial polifásica, constatou-se que a ordem das operações poderia ser modificada e, ainda, algumas operações eliminadas.

Diante disso, num primeiro momento, trabalhou-se no sentido de se padronizar, simplificar e eliminar procedimentos e operações desnecessárias, a saber:

- (a) A operação de limpeza do medidor que era procedida de três maneiras diferentes foi padronizada e simplificada. Com base nas exigências e necessidades do produto e na análise biomecânica foi determinado que a limpeza seria feita mediante jato de ar comprimido (pistola manual) estando o medidor posicionado sobre a bancada de trabalho;
- (b) As operações de montagem de parafusos de fixação na armação, realizadas nos postos P3 (registrador D), P6 (registrador E), P7 (suspensões superior e inferior) e P8 (placa de ligação) foram agrupadas. Da mesma forma, as operações de montagem e fixação dos eletroímãs de tensão, anteriormente realizadas nos postos P2 e P3 (no caso dos modelos T8L 15A);
- (c) A operação de calibração dos eletroímãs de tensão (manual) foi eliminada à medida que, segundo funcionários na empresa, não melhorava (nem interferia) na qualidade do produto final;
- (d) A operação de montagem e fixação do gancho da base (P1) foi alocada para o subsetor de fundição, em posto de trabalho situado após a fabricação da base de alumínio do medidor.

Na seqüência, seguiu-se à reordenação das operações e processos principais, sendo priorizada a alocação dos testes de funcionamento para o mais cedo possível no processo, isto é, imediatamente após o conjunto medidor dispor dos pré-requisitos para a realização dos respectivos testes. Estas providências também contaram com a colaboração dos funcionários da empresa, especificamente, engenheiros de processo e operadores da montagem inicial polifásica.

Além destas providências, outras medidas foram previstas para a minimização dos tempos de execução das atividades e maximização dos tempos efetivos de produção para quando do dimensionamento do mobiliário do novo sistema de montagem, a saber:

- (a) Reduzir tempos de aquisição de componentes pela disposição dos mesmos de acordo com a seqüência de montagem, no sentido horário;
- (b) Reduzir tempos de aquisição de ferramentas e de dispositivos de apoio e para teste pela minimização da distância entre o operador e meios de trabalho;
- (c) Eliminar tempos de espera para reabastecimento de componentes (as atividades de reposição de materiais consomem tempo, mas não agregam valor ao produto final) mediante um sistema de puxar visual.

Definir o tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador com base nos fatores humanos no trabalho

Pela ótica da engenharia de produção, o tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador é determinado com base no *takt time*, que é determinado em função da capacidade do sistema e a quantidade a ser produzida. É calculado dividindo-se o tempo disponível no período (n° de trabalhadores x n° de horas trabalhadas) pela demanda neste mesmo período (Guimarães, 1999).

Do ponto vista da ergonomia, entretanto, o tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador é determinado com base nos fatores humanos relacionados com o trabalho.

"Toda tarefa profissional necessita de um conjunto de aptidões sensoriais, mentais e motoras. No entanto o conteúdo desse conjunto pode ser modificado pelo ergonomista que dispõe de diversos meios de ação para facilitar a tomada de informações, limitar a carga mental ou diminuir as exigências motoras, sem prejudicar a execução da

tarefa. É necessário ainda que se conheça os limites funcionais a serem respeitados e as zonas de conforto que devem ser preferidas" (Wisner, 1987).

Ou seja, o ser humano apresenta capacidades e limitações de naturezas diversas (cognitivas, físicas, psicológicas) e seu desempenho está condicionado à interação destes no tempo e no espaço (ambiente físico e organizacional). A seguir, cada um destes fatores são abordados.

Fatores cognitivos

Um dos problemas para a determinação do tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador no novo sistema de montagem consistiu na determinação de quantas operações o ser humano tem condições de memorizar, automatizar, desempenhar, em situações de trabalho sem lhe acarretar fadiga e/ou monotonia.

Toda e qualquer atividade desempenhada pelo homem implica na utilização, ou criação, de um esquema em nível cerebral. Na psicologia genética, esquema "(...) é uma seqüência de tudo aquilo que numa ação pode ser transposto nas mesmas situações, ou generalizado em situações análogas, dando Piaget destaque especial ao esquema de ação sensório-motora" (Novaes, 1997).

A construção de esquemas (sensório-motor, de pensamento, etc...) constitui o ponto de partida das atividades operatórias e, igualmente, sua subsequente estruturação em nível cerebral. Para cada atividade operatória há uma correspondente estrutura operatória, a qual é reversível, ou pressupõe reversibilidade.

Uma das propostas para o funcionamento da memória que é bastante aceita é a de Atkinson e Schiffrin (1968) que consideram que a memória humana está estruturada em 3 níveis: armazenamento sensorial, memória de curta duração e memória de longa duração. Estes níveis são também conhecidos por "caixas de armazenamento de informação", sendo as informações processadas após a filtragem em algumas destas caixas. O armazenamento sensorial relaciona-se às informações visuais e auditivas e apresenta um tempo de armazenamento muito pequeno (< 1s). A memória de longa duração mantém as informações (àquelas bem estruturadas) para sempre, mas apresenta o problema da dificuldade da busca das informações. A memória de curta duração, também denominada de memória de trabalho, relaciona-se com a realização de atividades e apresenta tempo de

retenção de informação maior (segundos ou minutos). Caracteriza-se por ser limitada, influenciada por fatores do ambiente externo (por exemplo, distrações) e por degradar a informação retida ou em processamento (neste caso, quando da falta de atenção) (Guimarães, 1999).

Segundo Wickens (1984), “a memória de trabalho do homem é um tanto limitada em sua capacidade, ou na quantidade de informação que ela pode guardar, e seu limite interage diretamente com o tempo”. Na memória de trabalho, quanto maior o número de itens a serem exercitados, maior é o tempo de localização entre um item e o outro. A situação torna-se ainda mais crítica quando não há uma conexão ou seqüência lógica entre os itens.

Em 1956, George Miller identificou o limite da memória de curta duração em 7 ± 2 , definindo a máxima capacidade da memória de trabalho, quando a atenção total é requerida, entre 5 e 9 itens. Perguntado a respeito do que seria um item, Miller (1956) propôs o conceito de um *chunk*.

“Um *chunk* pode ser uma letra, um dígito, uma palavra ou alguma outra unidade. As propriedades que definem um *chunk* são um conjunto de unidades de estímulos adjacentes os quais também são representados juntos como uma simples unidade ou node na memória de longa duração do sujeito” (em Wickens, 1984).

Diante disso, estimou-se o número de operações principais por tarefa cargo de cada operador em 7 ± 2 .

Fatores físicos

O elemento motivador principal para a reestruturação do sistema linear foi a incidência de distúrbios osteomusculares em membros superiores, cuja causa estaria, supostamente, relacionada à repetitividade de mesmos movimentos para a realização das atividades da tarefa, em tempos reduzidos, e à inadequação dos postos de trabalho. Portanto, fazia-se necessário minimizar a frequência de utilização de mesmos movimentos quando da realização das atividades da tarefa no novo sistema.

De acordo com McAtamney e Corlett (1993), ações que se repetem mais de 4 vezes em 1 minuto são consideradas atividades repetitivas.

Silverstein (1987), considera altamente repetitivo ciclos de trabalho inferiores a 30 segundos ou se, num ciclo de trabalho superior a 30 segundos, mesmos elementos fundamentais são repetidos mais de 50% do tempo.

Outro fator considerado foi o aspecto físico da monotonia. Segundo Grandjean (1998) os estados de monotonia são causados "(...) por situações pobres em estímulos ou por repetição uniforme dos estímulos, com pequena exigência das pessoas".

Estudos de caso em indústrias mostram que tempos de duração da tarefa reduzidos, pouca possibilidade de movimentação corporal durante o trabalho, entre outros, são de grande risco para o desencadeamento da monotonia.

Com base nestas prescrições, estabeleceu-se o tempo de duração da tarefa a cargo de cada operador deveria ser, no mínimo, superior a 2 min, onde as atividades da tarefa não implicassem na repetição de mesmos movimentos mais de 50% do tempo.

Fatores psicológicos: a variabilidade humana

Nagamachi (1973b, 1975) apud. Nagamachi (1996) simulou um experimento em laboratório para analisar a variabilidade humana e a produtividade a partir de uma linha de montagem de telefones de uma companhia local.

A linha de montagem de telefones original era constituída por 10 operações, distribuídas em 4 postos de trabalho, em linha contínua, 4 montadores e uma esteira transportadora.

No laboratório foram simulados 3 sistemas de trabalho. Um reportou a realidade da linha original e foi denominado de time de 4 homens. Para os outros dois sistemas, as 10 operações foram rearranjadas e agrupadas, ficando um sistema com um único funcionário (denominado por time de 1 homem) e o outro com 2 homens (denominado por time de 2 homens), sendo que estes últimos deveriam trabalhar lado a lado numa mesa redonda.

Este experimento foi conduzido durante 1 mês, 8 horas por dia. Participaram estudantes que foram treinados, tal como trabalhadores reais e, após, divididos aleatoriamente entre os três sistemas.

Os resultados de produtividade em cada sistema estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados de produtividade em cada sistema. Fonte: Nagamachi, 1996.

Sistemas	Produtividade (unid/min)	Produtividade média (unid/min)
Time de 1 homem	0.94	1.85
Time de 2 homens	0.93	1.92
Time de 4 homens	0.80	1.79

Da análise estatística dos dados de produtividade média, não houve diferença estatística significativa entre os times de 1 e 2 homens mas, entre o time de 4 homens e os outros dois, as diferenças foram significativas ($p < 0.05$). A variância na produtividade também foi analisada. A maior variabilidade ocorreu no time de 1 homem e a menor no sistema que havia uma esteira transportadora, ou seja, no time 4 homens.

Para Nagamachi (1996) estes resultados indicam que os dois sistemas com o trabalho alargado aumentaram a eficiência e a produtividade e que o sistema com esteira transportadora (time de 4 homens) é conveniente para se manter uma certa, mas não muito alta, produtividade. O time de 1 homem é uma boa técnica para obter alta produtividade, mas o volume de produção é incerto e dependente das condições de trabalho e do operador (habilidades, estado de espírito, por exemplo). Dos três sistemas, o time de 2 homens mostrou ser a melhor estratégia de alargamento do trabalho. Teve flexibilidade, contribuiu para o desenvolvimento próprio de ambos trabalhadores e resultou na maior produtividade.

Com base nos resultados deste experimento, estabeleceu-se que o novo modelo deveria ser operado por pequenos grupos, onde o número de operadores em cada grupo deveria ser igual ou superior a dois.

Estabelecido os parâmetros relacionados com os fatores humanos, seguiu-se à definição do tempo da duração da tarefa a cargo de cada operador no novo sistema de montagem.

Considerando-se que a realização de todas as atividades (23 operações principais distintas) por um único operador poderia ser complexa do ponto de vista cognitivo (memória de trabalho) e que um tempo de duração da tarefa inferior a 1 minuto certamente iria conduzir à monotonia e, no tipo de trabalho em questão, não favoreceria a diversificação dos músculos durante a realização das atividades, estabeleceu-se o tempo de duração da tarefa

a cargo de cada operador em torno de 3 minutos, o que corresponde a mais ou menos 7 operações principais por tarefa.

Determinar o número de postos de trabalho

O número de postos de trabalho foi determinado a partir do tempo total das operações e processos alocados para o novo sistema (D8L 15A padrão = 8,3206 min e T8L 15A padrão = 9,9417 min) e do tempo de duração estimado para a tarefa a cargo de cada operador (em torno de 3 min).

Consistiu, simplesmente, na divisão do tempo total das operações e processos pelo tempo de duração estimado para a tarefa a cargo de cada operador. Como resultado, dos onze postos de trabalho iniciais (10 relativos à linha de montagem inicial polifásica e 01 ao equipamento DEMAG), o novo sistema de montagem foi projetado para operar com 3 postos integrados.

Neste mesma ocasião, determinou-se a disposição dos postos integrados que iriam compor o novo sistema de montagem. Dado a quantidade de componentes a serem alocados, agora, em somente três postos, ficou estabelecido que os postos integrados da célula seriam arrançados em forma de linha.

Alocar as operações principais nos postos de trabalho

A alocação das operações e processos principais nos postos integrados da célula foi feita com base no tempo de duração da tarefa estimado para cada posto e na seqüência otimizada das operações e processos principais e respectivos tempos de execução.

Consistiu no agrupamento das operações e dos processos, e respectivos tempos de execução, segundo a seqüência otimizada, em respeito ao tempo de duração da tarefa estimado para cada posto, para o balanceamento entre os postos. Neste momento, esteve-se atento para, na medida do possível, conduzir à alternância de movimentos para quando da realização das atividades da tarefa em cada posto. Com este mesmo objetivo, nesta ocasião, aventou-se o rodízio dos operadores entre os postos integrados da célula e, inclusive entre os outros subsetores da montagem eletromecânica. Deve ficar claro que esta mudança de organização de trabalho prevê que os funcionários passem a ser multifuncionais.

Na Tabela 11 está representada a disposição das operações e processos principais nos 3 postos integrados da célula de montagem inicial polifásica e respectivos tempos. Em cada posto foi considerada a ampliação das atividades a cargo de cada um dos três operadores, de forma a tornar o trabalho mais rico e os movimentos mais diversificados. O agrupamento das operações e processos foi de acordo com a seqüência de montagem otimizada do produto, ficando os tempos de duração da tarefa em cada posto em torno de 3 min.

Na Tabela 12 dispõe-se dos elementos dos leiautes linear e celular, onde o processo de manufatura DEMAG corresponde ao décimo primeiro posto do antigo sistema de montagem.

Tabela 11: Operações e processos principais (na seqüência otimizada) nos 3 postos integrados da célula de montagem inicial polifásica e respectivos tempos de ciclo estimados para cada posto.

Posto	Operações principais	D8L 15A	T8L 15A
1	<p>1 Montar 05 parafusos de fixação na armação: registrador - D e E (02), suspensões superior e inferior (02), placa de ligação (01);</p> <p>2 Montar e fixar eletroímãs de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na armação</p> <p>3 Montar e fixar conjunto armação na base</p> <p>4 Montar e fixar eletroímãs de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase, mais blindagens de 3ª, 1ª e 2ª fase) na armação</p> <p>5 Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e montar ponte de neutro</p> <p>6 Fazer inspeção visual completa (100% visual), descartando peças com defeitos, rebarbas e oxidação (*)</p>	2,7001 min	3,2480 min
2	<p>1 Posicionar e conectar cabos de corrente e de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na placa de ligação</p> <p>2 Posicionar e encaixar ponte de neutro e terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) no bloco</p> <p>3 Encaixar e fixar bloco na base</p> <p>4 Montar e fixar parafusos dos terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase - 12 parafusos, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase - 16 parafusos)</p> <p>5 Limpar medidor</p> <p>6 Testar ligações (bifásico: 02 eletroímãs de corrente e 02 de tensão; trifásico: 03 eletroímãs de corrente e 03 de tensão)</p> <p>7 Testar dieleto</p> <p>8 Fazer inspeção visual completa (100% visual), descartando peças com defeitos, rebarbas e oxidação (*)</p>	2,6011 min	3,4403 min
3	<p>1 Colocar número de identificação (etiqueta de código de barras)</p> <p>2 Montar e fixar suspensão superior, conjunto rotor e suspensão inferior</p> <p>3 Montar e fixar conjunto freio e adaptador</p> <p>4 Posicionar conjunto no dispositivo e centrar rotor (retirar conjunto do dispositivo)</p> <p>5 Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e fixar placa de ligação na armação</p> <p>6 Desmagnetizar freio</p> <p>7 Fazer inspeção visual completa (100% visual), descartando peças com defeitos, rebarbas e oxidação (*)</p> <p>8 Marcar quantidade produzida no relatório de produção e perdas</p>	2,4540 min	2,5434 min
	TTO	7,7552 min	9,2317 min

(*) O tempo da operação de inspeção visual por comparação não está contabilizado no tempo de duração da tarefa de cada posto.

Tabela 12: Elementos dos leiautes linear e celular relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características de montagem padrão.

Elementos	Leiaute linear	Leiaute celular
número de postos	11	3
número de operadores	11	3
número de operações principais por posto	1 a 4 (em média 2 por posto)	6 a 8
número total de operações principais	23	21
TC de uma unidade (min)	0,8030 (P7) D8L 15A 1,0045 (P7) T8L 15A	2,7001 (P1) D8L 15A 3,4403 (P2) T8L 15A
TTO (min)	8,3206 D8L 15A 9,9417 T8L 15A	7,7552 D8L 15A 9,2317 T8L 15A

Ressalta-se que os tempos indicados na Tabela 12 para o leiaute celular são tempos estimados.

Determinar o número de células

O número de células foi determinado com base na demanda dos medidores polifásicos nos anos de 1996 e 1997 (em Tabela 13), no tempo estimado para a saída de um item da célula (posto gargalo) e no tempo disponível (horas trabalhadas nos turnos de trabalho TN, T1, T2 e T3).

Tabela 13: Demanda total (D_t) e Demanda média (D_m) dos medidores polifásicos relativo aos anos de 1996 e 1997.

Medidores $P\phi$	D_t 1996	D_m 1996	D_t 1997	D_m 1997
D8L 15A padrão	115.873	9.656	100.649	8.387
T8L 15A padrão	99.403	8.284	69.441	5.787
T ϕ e D ϕ especiais	61	5	282	24

Como resultado faz-se necessário 3 células, cada qual constituída por 3 postos integrados e 3 operadores, para a montagem de medidores eletromecânicos polifásicos convencionais

(características de montagem padrão e não padrão) e 1 célula para a montagem de medidores eletromecânicos polifásicos especiais (características de montagem padrão e não padrão) no subsetor de montagem inicial polifásica. Ressalta-se que esta célula especial implicará em novo projeto (conteúdo da tarefa a cargo de cada operador e mobiliário) à medida que os medidores especiais apresentam características diferentes dos convencionais.

Esta nova organização de trabalho rompe com o paradigma taylorista-fordista segundo o qual o sistema de manufatura linear é caracterizado por “um posto, um homem e uma tarefa”, onde as atividades da tarefa implicam em uma única habilidade, geralmente motora, e o operador, invariavelmente é especializado em uma única função - àquela relativa ao seu posto de trabalho. Desconhece o todo e não dispõe de responsabilidades nem de autonomia sobre o seu trabalho.

Na antiga linha de montagem manual polifásica inicial, o número de operações desempenhadas pelos operadores variavam entre 1 e 4 operações principais (2 em média), cujas atividades implicavam, basicamente, em habilidades motoras. Os operadores eram especializados em uma única tarefa, sendo seus conhecimentos restritos ao posto no qual trabalhavam. Não dispunham de responsabilidades (a qualidade do produto - funcionamento, aparência dos componentes e do conjunto medidor, por exemplo, era verificada no final do processo de montagem, em outro subsetor) nem de autonomia para intervir sobre o seu trabalho. O ritmo de trabalho era imposto pela formação de estoques intermediários, nas áreas estoque de material em processo entre os postos, e intenso, sendo extenuante em alguns postos em virtude de problemas de balanceamento da linha.

No novo sistema de montagem, a tarefa a cargo de cada operador foi enriquecida e alargada. Cada operador passou a realizar entre 6 e 8 operações principais em cada posto (o que, em relação a antiga linha, corresponde a tarefa de 3 a 4 postos) cujas atividades prescindem tanto de habilidades motoras quanto cognitivas. Os operadores passaram a ser multifuncionais e realizam atividades em todos os postos integrados da célula através de um rodízio sistemático, cujo tempo foi determinado pelos próprios funcionários (a maioria das células têm adotado um dia de trabalho como o período de permanência em cada posto).

Em virtude disso, os trabalhadores têm conhecimento de todo o processo de montagem inicial polifásica. Tornaram-se hábeis na detecção de problemas relacionados com a qualidade do produto e do próprio trabalho (seu e de seus colegas). Em decorrência, passaram a ser mais responsáveis pelo seu trabalho, também por temerem o “controle/cobrança” da qualidade de seu trabalho pelos colegas. Além disso, os operadores dispõem de autonomia para parar as atividades na célula sempre que detectarem problemas (erros na montagem, dispositivos para testes descalibrados, por exemplo) ao mesmo tempo que são responsáveis pelo encaminhamento ou resolução dos problemas. Em determinados casos, reúnem-se com colegas de outras células, ou até mesmo de outras áreas da empresa, para em conjunto encontrarem a solução. Ou seja, o trabalho no sistema celular passou a ser em equipe.

O balanceamento da célula foi feito considerando-se os 3 postos integrados que a compõe. Os itens passam pelos postos um de cada vez. Não há formação de estoques intermediários entre os postos. Nesse sentido, as áreas de estoque de material em processo desempenham um papel importante no andamento das atividades na célula, a saber, “comandam” o início das atividades em cada posto. Por exemplo, o operador do posto 2 somente poderá reiniciar suas atividades a partir do momento que o operador do posto 3 remover o material da área de estoque em processo situada entre os postos 2 e 3. Enquanto esta área tiver com material, o operador do posto 2 deverá permanecer parado até que o operador do posto 3 o remova. Ou seja, as áreas de estoque de material em processo foram utilizadas para balancear o ritmo de produção e puxar o material entre os postos. Segundo Black (1998), sempre que estas áreas (desacopladores) tiverem esta função na célula, o tempo de ciclo dos postos deve ser balanceado, sendo o tempo de saída de um produto ou submontagem da célula (TC da célula) igual ao do posto que apresenta maior tempo de processamento (posto gargalo).

Conforme Black (1998), a característica chave do sistema de manufatura celular é a flexibilidade, particularmente, no tocante à operação de equipamentos, tempos de *setup*, processos e capacidade ou volume do sistema (em capítulo 2 deste trabalho).

A célula de montagem inicial polifásica foi projetada para apresentar flexibilidade nestas 4 áreas.

Tendo em vista o atendimento das características e necessidades dos medidores eletromecânicos polifásicos foram construídas células para os modelos convencionais e para os especiais. Cada qual atende todos os tipos variantes de medidores de cada grupo. As ferramentas, dispositivos e equipamentos utilizados nestas células são distintos, porém simples (não específicos) e utilizados para todos os tipos variantes de cada grupo. Ou seja, não há necessidade de troca de ferramentas, nem ajustes, a cada troca de lote. As aparafusadeiras pneumáticas, devido ao desgaste da ponteira, requerem substituição da broca com certa frequência. Esta atividade, no entanto, é simples, rápida e executada pelos próprios funcionários. Com isto, garantiu-se a flexibilidade no *mix* de produção, operações e processos de produção, operação de máquinas-ferramentas e a eliminação dos tempos de *setup* com máquinas-ferramentas.

Há que se esclarecer, contudo, que para determinados tipos de medidores faz-se necessário a inclusão e/ou substituição de alguns componentes, o que implica em tempos de *setup* dos postos de trabalho. Nestes casos, o número de componentes manuseados é reduzido, ficando os tempos de *setup* dos postos em até 15 minutos. Geralmente são incluídos 1 ou 2 acessórios e/ou substituídos até 4 tipos de parafusos. Em função do tipo do medidor pode acontecer, também, a troca dos eletroímãs de corrente e do bloco por versões variantes. Estas atividades são realizadas pelos operadores das células e os encarregados de reabastecimento de materiais, sendo percebida como um fator de ampliação do trabalho da montagem e de integração entre os funcionários que desempenham funções diferentes na empresa.

Quanto à flexibilidade no volume de produção, tem-se que o balanceamento entre os postos foi determinado para operar na capacidade máxima de produção, isto é, com 3 operadores, haja visto isto corresponder a realidade da empresa. Entretanto, quando a demanda é baixa, um único operador pode trabalhar na célula, sendo esta prática comum nas células 4 e 5, destinadas à montagem de medidores especiais. Salienta-se, contudo, que os alguns funcionários comentam que não gostam de trabalhar sozinhos; preferem trabalhar com seus colegas por perto. Também podem ser operadas por 2 operadores. Nestes casos, o balanceamento entre os postos dá-se segundo a prática da “caça ao coelho”, onde os trabalhadores seguem uns aos outros nos postos da célula. Segundo Black (1998), o fato dos trabalhadores estarem sempre caminhando pela célula elimina a necessidade de

balanceamento preciso na célula. No caso de se aumentar a taxa de saída, contudo, faz necessário utilizar mais horas de trabalho (horas-extras ou mais turnos).

No caso de células manuais, a flexibilidade do sistema relaciona-se à mobilidade e multifuncionalidade dos trabalhadores. “Ter o trabalhador móvel e multifuncional é um elemento chave no projeto de células manuais. O trabalhador que caminha é um elemento crítico para tornar a célula flexível” (Black, 1998).

A célula de montagem inicial polifásica foi projetada para permitir a alternância de postura e facilitar o rodízio dos operadores entre os postos. Não se restringiu a uma única postura de trabalho, sendo verificado, na prática, a alternância de postura (em pé/sentado) durante o trabalho. Segundo Black (1998), “pouco trabalho tem sido feito comparando os fatores ergonômicos e humanos dos trabalhadores que caminham contra os trabalhadores que ficam sentados ou em pé.

Projeto do mobiliário e alocação dos meios de trabalho nos postos integrados da célula de montagem

O processo de definição do mobiliário e alocação dos meios de trabalho nos postos integrados da célula foi gradual e realizado segundo os moldes da ergonomia participativa. Contou com a participação dos funcionários da empresa - engenheiros de processo e operadores da montagem polifásica (participação voluntária, tempo integral), médico do trabalho, técnico de segurança e engenheiro de produto (participação eventual, determinada pelos próprios sujeitos) e pode ser dividido em 4 etapas:

- etapa 1: projetar os postos de trabalho integrados da célula;
- etapa 2: definir o material de construção do mobiliário e a cor;
- etapa 3: construir o protótipo;
- etapa 4: definir a posição dos componentes e dos meios de trabalho em cada posto da célula, dimensionar e alocar suportes, prateleiras e vazados para acondicionar as caixas com os componentes;

Os dados e as informações utilizadas nestas etapas compreenderam:

- as diretrizes de projeto estabelecidas quando da concepção do novo sistema de montagem;
- as necessidades e exigências das atividades da tarefa;
- os resultados do dimensionamento do sistema de manufatura celular: número de postos, seqüência otimizada das operações e processos de montagem em cada posto e respectiva necessidade de componentes, ferramentas, dispositivos e equipamentos, e freqüência estimada para o reabastecimento de componentes no período;
- morfologia, dimensões e peso dos componentes;
- morfologia, dimensões e peso que o produto assume ao longo do processo;
- freqüência de utilização, morfologia e peso das ferramentas, dispositivos de apoio e equipamentos;
- dados antropométricos;
- princípios da biomecânica ocupacional;
- conhecimentos e experiência anterior dos próprios funcionários da empresa.

Quanto aos dados relativos aos medidores, tais como morfologia, peso, meios de trabalho implicados, salienta-se que, igualmente, adotou-se como referência os modelos T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão.

A seguir, apresenta-se em detalhes cada uma das 4 etapas implicadas no processo de definição do mobiliário e alocação dos meios de trabalho nos postos integrados da célula.

Etapa 1: Projetar o mobiliário dos postos integrados da célula

Esta etapa consistiu na definição da configuração e das dimensões do mobiliário dos postos integrados da célula e seleção do tipo de assento.

Os postos de trabalho foram projetados para atender 90% da população. Para o dimensionamento dos postos utilizou-se dimensões antropométricas que variam entre os percentis extremos 5 e 95, mulher ou homem. A fonte de dados antropométricos considerada compreendeu resultados de estudos realizados por Grandjean (1998) e Panero (1993). Em relação aos dados oriundos das tabelas antropométricas de Panero (1993),

ressalta-se que foram considerados os valores correspondentes a faixa etária de 18 a 79 anos.

Superfície de Trabalho

As atividades da tarefa nos postos integrados da célula são essencialmente manuais e, na sua maioria, implicam em gestos de apreensão e manipulação de componentes, ferramentas, etc, para posterior montagem e fixação de componentes sobre superfície de trabalho.

O trabalho por longos períodos usando mãos e braços em posturas inadequadas pode produzir dores nos punhos, cotovelos e ombros. As dores se agravam quando há aplicação de força ou se realizam movimentos repetitivos com as mãos.

Apreensões e manipulações realizadas fora do alcance dos braços exigem movimentos bruscos do tronco. Por consequência, podem ocasionar maior cansaço físico, dores, fadiga e, inclusive, lesionar o sistema músculo-esquelético. Por outro lado, podem dificultar a realização dessas atividades, inclusive prejudicar o rendimento no trabalho. Para evitar esse problema, componentes, ferramentas, controles, etc, devem situar-se dentro de um envoltório tridimensional de alcance dos braços, considerando-se a importância do controle, peça ou ferramenta; frequência de uso; sequência de operações. As operações mais importantes devem situar-se dentro de um raio aproximado de 50 cm a partir da articulação entre os braços e os ombros. Isto se aplica ao trabalho realizado em pé ou sentado (Grandjean, 1998).

Segundo Grandjean (1998), o espaço de apreensão horizontal é determinado segundo duas linhas. O primeiro espaço de apreensão corresponde à distância do cotovelo-mão, distância mais próxima (área proximal), e o segundo corresponde à distância ombro-mão, que compreende a uma segunda linha mais distante (área distal), conforme indicado na Figura 14.

A determinação dos valores de apreensão horizontal devem considerar o menor percentil, que representa tanto homens e mulheres pequenos. No caso da superfície de trabalho dos postos integrados da célula, onde há homens e mulheres, o percentil a ser considerado é o Percentil 5 Mulher (P5M).

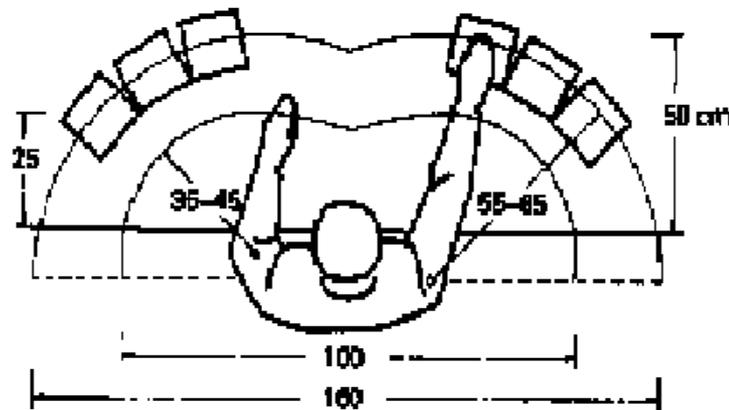


Figura 14: Espaço de preensão horizontal na altura da superfície de trabalho. Fonte: Grandjean, 1998.

Outro elemento que deve ser considerado para a determinação das dimensões da superfície de trabalho é a dimensão oculta no trabalho.

Segundo Hall (1977), existem distâncias ocultas que variam em função de cada povo e que devem ser consideradas. Estas distâncias encontram-se divididas em quatro grupos: distância íntima, distância pessoal, distância social e distância pública. Para o caso de áreas de trabalho, a dimensão a ser considerada é a distância social, onde os valores variam de 120 cm a 210 cm (fase próxima) e 210 cm a 350 cm (fase afastada). A fase próxima é considerada para pessoas que trabalham juntas, informalmente, e a fase afastada é para relações mais formais.

Com base nessas informações, iniciou-se o dimensionamento das áreas total e útil das superfícies de trabalho dos postos integrados da célula e das áreas de estoque de material em processo entre postos.

a) Área útil para o trabalho

As dimensões da área útil para o trabalho dos postos integrados da célula foram estimadas com base nas dimensões do maior medidor (T8L 15A características de montagem padrão) cujas dimensões são 17 cm de largura (relativa ao bloco) e 20,5 cm de profundidade, e dos dispositivos de apoio e para testes implicados em cada posto, mais folga estimada com

base na necessidade de liberdade de movimentos requerida para a realização das atividades. As dimensões finais foram definidas quando da disposição dos componentes e meios de trabalho nos postos da célula junto ao protótipo. Quanto à sua localização, priorizou-se na área proximal, em frente ao operador.

b) Área total da superfície de trabalho

As dimensões da área total da superfície de trabalho dos postos foram determinadas a partir de cálculos efetuados com os valores da área distal relativa ao P5M, da área útil para o trabalho dos postos e das dimensões dos componentes e meios de trabalho que necessitavam ser alocados sobre a bancada de cada posto. Tinha-se por objetivo verificar se a área distal relativa ao P5M comportava estes três últimos dentro dos limites de prensão do P5M.

Durante esta investigação, constatou-se que a área distal relativa ao P5M excedia às áreas úteis para o trabalho definidas para cada posto e, ao mesmo tempo, garantia espaço para a disposição de pequenos componentes e meios de trabalho que apresentavam maior frequência de uso em cada posto, sobre a superfície de trabalho. Como resultado, as dimensões das superfícies de trabalho dos postos ficaram estabelecidas em torno dos valores ombro-mão do P5M, a saber, largura em torno de 100 cm e, profundidade, 55 cm.

c) Espessura do tampo da superfície de trabalho

De acordo com Grandjean (1998), a espessura do tampo da superfície de trabalho deve ser a menor possível, não mais espesso que 3 cm, para que haja espaço suficiente entre a parte inferior do tampo da superfície de trabalho e a parte superior das coxas.

Nesse sentido, foi determinado que a espessura do tampo da bancada de trabalho não deveria exceder a 3 cm.

d) Altura da superfície de trabalho

A altura da superfície de trabalho depende fundamentalmente do trabalho desempenhado. Tarefas de precisão, tal como relojoaria, que demandam muita precisão e pouca força, exigem uma superfície mais alta; atividades de média precisão, tal como escrita, leitura, etc, uma superfície um pouco mais baixa; trabalhos de baixa precisão e que demandam força, tal como ferraria, uma superfície bem mais baixa, para permitir que o sujeito tenha o

tronco e membros superiores com bastante espaço para imprimir força (Grandjean, 1998). Está vinculada, também, à estatura da população usuária e à postura de trabalho (sentado, pé/sentado, em pé). Na Tabela 14 são apresentadas alturas de bancadas recomendadas para trabalhos manuais realizados na postura de pé.

Tabela 14: Alturas de bancadas recomendadas para trabalhos manuais realizados na postura de pé.

Fonte: Grandjean, 1998.

Tipo de trabalho	Faixa de variação para homem (cm)	Faixa de variação para mulher (cm)
Trabalho de precisão	100 - 110	95 - 105
Trabalho leve	90 - 95	85 - 90
Trabalho pesado	75 - 90	70 - 85

Os membros inferiores (pernas e pés) devem ser acomodados dentro de um espaço, sob a superfície de trabalho. A altura compreendida entre o solo e o plano inferior da bancada deve garantir a acomodação dos membros inferiores sem constrangimentos. A largura deste espaço deve ser 68 cm, no mínimo, e a profundidade, 60 cm na parte superior (na altura dos joelhos) e 80 cm, no mínimo, na parte inferior (junto aos pés) para possibilitar esticar as pernas para frente e mudanças de postura Grandjean (1998).

O levantamento do Instituto Nacional de Tecnologia observou que na indústria de transformação do Rio de Janeiro, a postura mais usual no posto de trabalho é a de pé (59,5%), sendo que 32,6% alternam a posição pé e sentado e 7,8% trabalham sentados (INT, 1988).

Segundo Grandjean (1998), "do ponto de vista ortopédico e fisiológico, é altamente recomendável um local de trabalho que alterne o trabalho sentado com uma postura de pé". A postura sentada prolongada é realmente muito menos comprometida com uma posição estática que a postura em pé. Entretanto, na posição sentada surgem complicações de fadiga, que pela alternância com o trabalho em pé tornam-se menos críticas, pois os músculos envolvidos para manutenção da postura sentada não são os mesmos que a de pé. Desta forma, a alternância de postura vai significar alívio de determinados grupos de músculos em detrimento da carga de outros grupos musculares anteriormente envolvidos.

No sistema celular, em contraposição ao sistema antigo que favorecia a postura sentada, foi definido que o trabalho poderá ser realizado tanto na postura de pé quanto na sentada, fator que favorece a mudança de postura.

Para o dimensionamento da altura da superfície de trabalho dos postos da célula, inicialmente, analisou-se o produto e o tipo de trabalho (necessidades e exigências implicadas e/ou impostas às atividades de montagem e aos operadores).

O produto requer uma superfície de trabalho plana (não inclinada). O trabalho é de média precisão, exigindo, algumas vezes, emprego de força, podendo ser enquadrado como trabalho leve.

Se o trabalho a ser realizado na célula fosse de altíssima precisão seria importante garantir que a superfície ficasse numa altura próxima a altura do cotovelo em pé, para facilitar a precisão do trabalho manual. Também, não se poderia aceitar variações de altura da bancada muito grandes com relação à altura de cotovelo na postura de pé entre os diferentes percentis. Se neste caso, a solução para o ajuste dos extremos, seria acoplar regulagens na bancada ou no tablado, para nivelar as pernas menores, ou em ambos. Como as atividades da tarefa da montagem inicial polifásica não implicam em altíssima precisão, estas exigências não se fazem pertinentes, devendo a bancada ser dimensionada para um altura de trabalho fixa.

Num segundo momento, dado que a altura de trabalho deveria ser adequada para a realização do trabalho tanto na postura de pé quanto na sentado, definiu-se qual postura de trabalho (sentado ou em pé) seria adotada como parâmetro inicial de projeto, a saber em pé.

A partir das recomendações de Grandjean (1998), em Tabela 14, para altura de bancada para trabalho leve (85 a 95 cm) e os valores das dimensões antropométricas apresentadas na Tabela 15, aventou-se para quando da construção do protótipo que a primeira altura de bancada a ser testada seria de 93 cm. No caso desta altura não estar adequada aos percentis menores nas posturas sentado ou pé, a mesma deveria ser gradualmente reduzida e testada novamente. Isto, porque essa altura foi definida a partir das dimensões antropométricas do maior percentil (P95H), em detrimento dos menores. Também, por uma questão de economia, à medida que a redução da altura não implicaria em nenhum custo, ao passo que aumentá-la sim (toda estrutura deveria ser mudada).

No primeiro mês de teste do protótipo ficou comprovado que a altura de 93 cm para a bancada estava adequada a 90 % da população, isto é, aos percentis extremos P5M e P95H, independente da postura adotada.

Tabela 15: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.

Variáveis antropométricas	P95H (cm)	P5M (cm)	Pág.
Altura de cotovelo em pé	120.1	98	98
Altura de cotovelo sentado	29.5	18	91

Apoio para os pés

Dado que a altura da superfície de trabalho em 93 cm não permite que os percentis menores apoiem os pés diretamente no solo, fez-se necessário acoplar apoio suspenso para os pés nos postos.

A largura e a profundidade do apoio foram determinadas a partir das dimensões da bancada de trabalho. Visando uma área confortável e ampla para o apoio dos pés, determinou-se que a largura do apoio deveria ser a mesma da bancada de trabalho (em torno de 100 cm) e, a profundidade, 50 cm. Quanto à inclinação, Grandjean (1998) recomenda inclinações entre 15° e 25°. Neste trabalho, contudo, optou-se por conceder liberdade de escolha para o funcionário, devendo o apoio para os pés apresentar inclinações entre 0° e 90°.

Para a definição da altura do apoio para os pés em relação ao solo e das regulagens horizontais, considerou-se as variáveis antropométricas apresentadas na Tabela 16. A plataforma de apoio deverá articular em torno de um eixo, onde a posição e a inclinação serão ajustadas por meio de aperto de parafuso de borboleta.

Tabela 16: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.

Variáveis antropométricas	P95H (cm)	P5M (cm)	Pág.
Altura de cotovelo sentado	29.5	18	91
Altura popliteal	49	35.6	94
Comprimento nádegas até joelho*	64	51.8	96

* Não havendo disponível na literatura a dimensão do comprimento entre nádegas e cavidade do pé, utilizou-se o comprimento entre nádegas até joelho.

Áreas de Estoque de Material em Processo

As Áreas de Estoque de Material em Processo (A.E.M.P.) foram determinadas a partir das dimensões do maior medidor (T8L 15A com características de montagem padrão), mais folga. Teve por critério a minimização/eliminação do levantamento/transporte de peso e o atendimento às distâncias ocultas no trabalho (operadores de célula imediatos na fase próxima e, em relação aos demais colegas, na fase afastada).

Para a minimização/eliminação do levantamento de peso entre postos duas alternativas foram aventadas: área com roletes, numa tentativa de se deslizar o medidor de um posto para o outro, e esteira, ambas na mesma altura da bancada de trabalho dos postos.

Dado a indisponibilidade financeira da empresa na ocasião, foi combinado que, num primeiro momento, as AEMP seriam constituídas por roletes, devendo ser substituídas por esteiras.

De modo a garantir as distâncias ocultas no trabalho, determinou-se que a largura das AEMP deveria ser, no máximo, 105 cm.

Tipo de assento

Para o tipo de assento, duas alternativas foram aventadas: cadeira convencional, tal como a utilizada na linha, e banco pé/sentado, adquirido pela empresa (dois exemplares) por ocasião do início do teste do protótipo.

Etapa 2: Definir o material de construção do mobiliário e a cor

A partir das necessidades e exigências do produto e das atividades de montagem, estabeleceu-se que o material a ser utilizado para a construção do mobiliário da célula deveria apresentar os seguintes requisitos:

- estabilidade estrutural;
- bancada rija, com espessura inferior a 3 cm;
- segurança, no caso, ser isolante elétrico;

- resistência à abrasão, haja visto o desgaste da superfície das bancadas de trabalho devido ao deslizamento de componentes e do próprio conjunto medidor sobre a mesma quando da realização das atividades da tarefa;
- fácil manutenção;
- fácil de limpar;
- baixo custo;
- conferir sensação de leveza e de ambiente “quente” (as chapas metálicas denotam frieza, ausência de vida).

Em contraposição ao material utilizado na linha - estrutura e chapas metálicas, foi determinado que a bancada de trabalho seria de madeira (compensado) e a estrutura dos postos, barras tubulares e perfis metálicos.

Em relação ao material da bancada de trabalho, salienta-se que embora a madeira apresente menor resistência à abrasão que as chapas metálicas utilizadas na linha, a mesma foi escolhida por conferir isolamento elétrico, fator muito importante para a segurança dos funcionários. Quanto à espessura do tampo da bancada, verificou-se que 2 cm confeririam a estabilidade e rigidez requeridas para a realização das atividades de montagem.

O material de construção selecionado para o apoio para os pés foi chapas metálicas revestidas com borracha na parte superior. Para os suportes acondicionadores das caixas com componentes, barras tubulares (estrutura) e roletes metálicos, conforme sugerido por um funcionário da empresa.

Os acondicionadores de componentes, tal como na linha, serão caixas plásticas, cujas dimensões foram definidas em função do tamanho dos componentes e da frequência prevista para o reabastecimento de materiais, a saber, com capacidade para atender o trabalho por, no mínimo, 1 hora.

Quanto a cor do mobiliário, a idéia inicial era que os próprios funcionários escolhessem a cor de seus postos de trabalho, numa tentativa de fazer com que os mesmos se sentissem “dono” de seu posto de trabalho. Em decorrência, esperava-se obter aumento de responsabilidade e de satisfação dos funcionários em relação ao seu posto de trabalho e à organização.

Esta proposta, contudo, foi descartada pela empresa por temerem que o ambiente de trabalho ficasse multicolorido. Como alternativa, propuseram a cor bege, exatamente a mesma do mobiliário das áreas administrativas e de engenharia da empresa. Dentro dos moldes da ergonomia participativa, a sugestão foi acatada, no entanto, negociou-se a reavaliação desta cor quando do teste do protótipo, a partir das preferências dos funcionários. Quando dos testes, para a surpresa dos integrantes do LOPP/PPGEP/UFRGS a aceitação da cor bege foi unânime. As respostas dos funcionários giravam em torno da seguinte frase “nossos postos se parecem com os do pessoal do outro lado”. Frente a este resultado, entende-se que a cor bege teve conotação simbólica no sentido de equiparação dos postos de trabalho dos operadores de produção com os funcionários da empresa cujo nível hierárquico na organização era superior.

Para a cor das caixas acondicionadoras de componentes aventou-se a possibilidade de atribuir cores diferentes para componentes diferentes, numa tentativa de facilitar as atividades de reabastecimento de componentes no próprio local de trabalho, junto aos postos, e, inclusive, no almoxarifado. Esta proposta, embora acatada pela empresa, foi descartada pelos fornecedores das caixas acondicionadoras de componentes.

Etapa 3: Construir o protótipo

A técnica de avaliação de projeto aventada para avaliar e validar as soluções propostas foi a prototipagem, pelos seguintes motivos: (a) a ergonomia está preocupada em avaliar as interações que ocorrem entre o usuário e o produto, o que, por sua vez, requer atividades e contextos de uso do produto; (b) o envolvimento por parte do trabalhador está implícito nesta técnica de avaliação, o que vem ao encontro do método participativo; (c) através da prototipagem os aspectos tradicionais de avaliação de produto (usabilidade, funcionabilidade, segurança, estética, por exemplo) podem, também, ser avaliados, como.

Para um primeiro momento, no entanto, sugeriu-se a construção de um *mock-ups* (em escala 1:1) para cada um dos três postos integrados da célula, usando materiais de baixo custo, como por exemplo, papelão e sobras de madeira. A empresa, contudo, fez questão de construir o protótipo com os materiais definidos para a célula: barras tubulares e perfis metálicos (estrutura dos postos e apoio para os pés) e compensado (bancada de trabalho dos postos). Alegou que isto conferiria uma conformação melhor dos postos, maior

resistência para o período de testes, bem como serviria para testar os próprios materiais de construção da célula.

Diante disso, combinou-se com a empresa de primeiro construir o protótipo do posto integrado 1. Após sua primeira avaliação, partir para a construção dos protótipos dos postos integrados 2 e 3. Este procedimento tinha por objetivo identificar os aspectos positivos do primeiro posto para posteriormente incorporá-los aos outros dois. De maneira similar, evitar que aspectos não conformes (ou negativos) fossem repetidos nos postos 2 e 3.

O protótipo da célula foi construído na própria empresa por um funcionário terceirizado conforme as dimensões e especificações definidas nas etapas 1 e 2. Nas Tabelas 17 e 18 apresentam-se as dimensões de projeto dos três postos integrados da célula.

Tabela 17: Dimensões de projeto dos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.

Dimensões	Posto 1	A.E.M.P. ₁₋₂	Posto 2	A.E.M.P. ₂₋₃	Posto 3
Largura	105 cm	100 cm	100 cm	100 cm	100 cm
Altura	93 cm	93 cm	93 cm	93 cm	93 cm
Profundidade	60 cm	38 cm	60 cm	38 cm	60 cm
Espessura	2 cm	φ 3.5 cm	2 cm	φ 3.5 cm	2 cm
Área útil para o trabalho estimada	80 x 30 cm ²	98 x 32 cm ² 21 roletes	100 x 30 cm ²	98 x 32 cm ² 21 roletes	100 x 30 cm ²

Tabela 18: Dimensões de projeto do apoio para os pés, comum para os 3 postos integrados da célula.

Apoio para os pés	Dimensões (cm)
Largura	87
Profundidade	50
Regulagens verticais	$h_1=20, h_2=30$
Regulagens horizontais	$h_1=36, h_2=40, h_3=44, h_4=48, h_5=52$
Inclinação	Variável

Etapa 4: Definir a posição dos componentes e dos meios de trabalho nos postos da célula e dimensionar e alocar suportes, prateleiras e vazados para acondicionar as caixas com componentes

Esta etapa consistiu na definição da posição dos componentes e dos meios de trabalho (ferramentas, equipamentos, dispositivos de apoio à montagem e para testes) nos postos integrados da célula e na alocação e dimensionamento dos suportes (prateleiras, vazados, ganchos) para as caixas com os componentes e determinados meios de trabalho. As informações utilizadas compreenderam: seqüência de montagem do produto, morfologia e dimensões dos componentes e respectivas caixas acondicionadoras, morfologia e dimensões dos meios de trabalho (ferramentas, equipamentos e dispositivos).

Foi realizada junto ao protótipo, em conjunto com os operadores da linha de montagem inicial polifásica, engenheiros de processo e médico (participação eventual). Compreendeu 4 encontros dentro de um período de 3 meses.

Após cada encontro, as definições e melhorias aventadas foram repassadas para o responsável da empresa, sendo as mesmas testadas por, aproximadamente, 3 semanas, até o próximo encontro.

Todos os passos decorrentes do processo de criação, melhorias e avaliações foram registrados na caderneta de campo. Além disso, procedeu-se observações assistemáticas e sistemáticas diretas e indiretas (filmagens e medições) para análise do comportamento e coletou-se a opinião dos funcionários quanto às decisões tomadas e implementadas através de entrevistas abertas.

A seguir, dispõe-se da definição da posição dos componentes, dos meios de trabalho e respectivos suportes nos postos integrados da célula e do dimensionamento dos suportes para as caixas com os componentes.

Em virtude da eliminação de sete postos de trabalho houve uma redução do espaço disponível para a disposição dos componentes, das ferramentas, etc, necessários para a montagem do medidor. Com isso, a disposição de material necessitou ser reavaliada. O número de componentes dispostos na linha de 10 postos necessitava ser alocado no sistema de montagem composto por apenas três postos. Diante da quantidade de componentes a

serem manipulados, a quantidade de *containers* a serem dispostos certamente iriam exceder o espaço de preensão disponível.

Diante disso, num primeiro momento, identificou-se quais componentes e meios de trabalho apresentavam maior frequência de uso em cada posto e, na medida de sua importância, garantiu-se um espaço para os mesmos sobre a bancada de trabalho, na área excedente à útil estimada. Frente à restrição de espaço para a alocação de todos os componentes e meios de trabalho sobre a superfície de trabalho, adotou-se, como solução de compromisso, a alocação de alguns componentes no entorno dos postos desde que em respeito aos princípios da biomecânica ocupacional.

Nesta mesma ocasião, também se verificou as necessidades e exigências dos componentes, sendo detectada a existência de componentes frágeis (eletroímãs de tensão, suspensões superior e inferior e conjunto rotor) que implicavam em cuidados especiais. Priorizou-se a realimentação dos materiais por trás dos postos ou pela lateral, de modo que esta atividade não interrompa/atrapalhe as atividades dos operadores. Definiu-se, também, as dimensões (em alguns casos) e a quantidade de *containers* para cada componente, dado a frequência de reabastecimento estimada (capacidade para, no mínimo, 1 hora de trabalho), sendo determinado que para componentes médios e grandes seriam alocadas duas ou mais caixas, sendo uma de reserva. Esta medida tinha por objetivo otimizar o tempo de reposição de material, onde a caixa vazia representa um *kanban* para o encarregado de reabastecimento; “puxariam” a atividade de reabastecimento de componentes, onde a caixa vazia seria um sinal de que é chegada a hora de reabastecer a célula com o respectivo componente. Sobre as caixas acondicionadores de componentes, que eram de plástico rígido, tem-se a colocar que, também, interviu-se no sentido de utilizá-las como embalagem para o transporte dos componentes terceirizados (vinham embalados em caixas de papelão). Esta medida teve como base a função ecológica, cujo benefício para o processo da montagem consistiu na eliminação de um tempo inútil (transferir os componentes das embalagens de papel para as caixas).

De posse destas informações, posicionou-se os componentes, meios de trabalho e respectivos suportes nos três postos segundo a sequência de montagem do produto, no sentido horário, ficando as áreas úteis para o trabalho definidas em cada posto. Neste momento, fez-se uso, também, dos valores das variáveis antropométricas apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19: Variáveis antropométricas e respectivas dimensões. Fonte: Panero, 1993.

Variáveis antropométricas	P95H (cm)	P5M (cm)	Pág.
Altura de ombro de pé	155,7	122,9	B-102
Altura de ombro sentado	69,6	54,2	N-102
Alcance do braço estendido na frente	88,9	67,6	D-100
Alcance do braço estendido na lateral	86,4	68,6	E-100
Largura dos dedos, excluído o polegar	9,6	8,2	K-112
Comprimento da mão	20,5	17,8	I-112

As aparafusadeiras e alicate pneumático foram suspensos por molas nos postos, tal como na linha de montagem, a fim de eliminar o esforço estático extra de segurar a ferramenta. Os dispositivos para teste foram fixados junto à bancada dos postos, ao contrário dos de apoio à montagem que foram deixados móveis.

Em relação a quantidade de aparafusadeiras, salienta-se que neste momento analisou-se o produto em conjunto com a engenharia de produto e de processo da empresa a fim de se reduzir a quantidade de aparafusadeiras. Como resultado, um parafuso foi substituído por outro, cujo benefício consistiu na eliminação de uma aparafusadeira pneumática, das 5 implicadas no posto integrado dois.

O equipamento DEMAG foi alocado de acordo com o seqüenciamento das operações e processos, contudo, devido a restrições de espaço físico, foi posicionado na lateral direita do posto integrado 3 sobre uma mesa de apoio. Dado que esta posição poderia abrir precedentes para a adoção de posturas e movimentos prejudiciais, os funcionários foram orientados para trabalharem em pé e, quando na postura de trabalho sentada, girarem a cadeira 90° à direita e não o tronco. Nesta mesma ocasião enfatizou-se a postura de trabalho em pé, à medida que a mesma favoreceria a alternância de postura durante o trabalho.

Determinada a posição dos componentes, meios de trabalho e respectivos suportes, seguiu-se à demarcação de vazados/rebaixos na bancada de trabalho, para componentes pequenos (parafusos, principalmente), e dimensionamento dos suportes para as caixas com os

componentes. Estas atividades, igualmente, foram realizadas junto ao protótipo e em conjunto com os funcionários da empresa - operadores da montagem e engenheiros de processo.

Na Tabela 39 (em Anexo 3), dispõe-se dos componentes, dimensões das respectivas caixas acondicionadores, suportes, prateleiras e vazados e da posição dos componentes, ferramentas e dispositivos nos postos integrados da célula de montagem polifásica.

Avaliação ou validação ergonômica

A quarta etapa da intervenção ergonômica, a saber, avaliação e validação do protótipo da célula de montagem inicial polifásica também contou com a participação dos operadores da montagem inicial polifásica, engenheiros de processo e de produção, integrantes da equipe do LOPP/PPGEP/UFRGS e, eventualmente, engenheiros de produto, médico do trabalho e técnico em engenharia de segurança.

O protótipo foi testado durante 4 meses (fev/mar/abr/maio) pelos próprios operadores da montagem inicial polifásica. Entre eles, destacam-se uma funcionária de 1,54 m de altura e um funcionário de 1,90 m, os quais representam os percentis extremos da população usuária. Foi avaliado quanto ao atendimento das necessidades e exigências do produto e das atividades de montagem e quanto a sua adequação às características, capacidades, limitações, necessidades e desejos da população usuária, tendo como base as diretrizes estabelecidas durante a concepção do novo modelo de montagem. Os aspectos analisados compreenderam:

- usabilidade: fácil de operar, disposição dos componentes e meios de trabalho nos postos de acordo com a seqüência das operações e processos e no sentido horário, adequação da configuração e dos materiais de construção do protótipo às necessidades e exigências do produto e da tarefa (estabilidade estrutural, por exemplo);
- funcionalidade: facilidade de reabastecimento de materiais;
- segurança: isolamento contra choques elétricos;
- comportamento dos operadores durante a realização das atividades da tarefa em cada posto.

A análise do comportamento teve por objetivo verificar as posturas assumidas pelos operadores em função da posição dos componentes e meios de trabalho nos postos, os gestos e movimentos de preensão de componentes e ferramentas, a alternância de movimentos durante a execução das atividades da tarefa em cada posto, a alternância de postura (sentado/pé), a minimização/eliminação do carregamento de peso e a movimentação de materiais (componentes e conjunto medidor) nos postos e entre postos.

Todos estes aspectos foram avaliados uma vez por semana ou a cada quinze dias, com base em observações sistemáticas direta e indireta (análise de filmagens) e entrevistas abertas com os funcionários. Exceto as filmagens, todas as informações foram registradas na caderneta de campo.

Os problemas e as soluções foram discutidos e resolvidos em conjunto com os funcionários da empresa e repassados para o encarregado proceder as correções, as quais novamente foram testadas e avaliadas. Na maioria das vezes, as alterações consistiram na adequação da posição dos componentes e dos meios de trabalho sobre a bancada ou no entorno dos postos.

Das especificações e dimensões definidas por ocasião da concepção e do projeto dos postos integrados da célula, constatou-se que as relativas ao apoio para os pés não eram adequadas. Devido ao peso do apoio (chapas metálicas revestidas com borracha na parte superior) os funcionários, entre um turno e outro, optaram por não regular/ajustar a altura do apoio conforme suas necessidades. Diante disso, novos cálculos foram procedidos sendo eliminadas as duas regulagens verticais a favor de uma altura fixa para o apoio a 27 cm do solo. Outro problema encontrado foi no sistema de trava do apoio: não conferia a estabilidade desejada e, em decorrência, girava em torno do eixo e batia na canela dos funcionários. Como solução, foi conectada uma corrente ao apoio (estando a outra extremidade da corrente fixa na estrutura dos postos), ficando a inclinação do apoio entre -45° e 135°.

Nas Tabelas 20 e 21 apresenta-se as dimensões finais dos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica posterior ao teste do protótipo.

Sobre o tipo de assento, conforme aventado, a empresa adquiriu dois modelos de banco pé/sentado. Embora este tipo de assento se mostrasse o mais adequado para quando do rodízio dos funcionários entre os postos da célula (por ser menor e mais leve que a cadeira

convencional), o mesmo foi recusado pelos funcionários por ocasião do teste do protótipo. Alegaram que esse assento não era confortável. Como resultado, a cadeira que era utilizada na linha foi a escolhida para ser utilizada junto aos postos integrados da célula.

Tabela 20: Dimensões finais dos três postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.

Dimensões	Posto 1	A.E.M.P. ₁₋₂	Posto 2	A.E.M.P. ₂₋₃	Posto 3
Largura	105 cm	70* cm	100 cm	100 cm	100 cm
Altura	93 cm	93 cm	93 cm	93 cm	93 cm
Profundidade	37* cm	38 cm	60 cm	38 cm	60 cm
Espessura	2 cm	φ 3.5 cm	2 cm	φ 3.5 cm	2 cm
Área útil para o trabalho	86 x 28 cm ²	70 x 32 cm ² 17 roletes	100 x 30 cm ²	98 x 32 cm ² 21 roletes	68 x 29 cm ²

Tabela 21: Dimensões finais do apoio para os pés.

Apoio para os pés	Dimensões (cm)
Largura	87
Profundidade	50
Regulagem vertical	h=27
Regulagens horizontais	h ₁ =36, h ₂ =40, h ₃ =44, h ₄ =48, h ₅ =52
Inclinação	variável (de -45° à 180°)

Otimização do sistema

A quinta etapa da intervenção ergonômica foi realizada junto ao sistema celular em funcionamento. Compreendeu a avaliação do novo sistema, melhorias nos postos e meios de trabalho e treinamento em ergonomia dos operadores. A seguir, os mesmos são abordados.

Implantação do novo sistema

O início das atividades no sistema celular ocorreu no dia 06.07.98.

Nas Figuras 15 e 16 apresenta-se o desenho da célula de montagem inicial polifásica e nas Figuras 17, 18 e 19 os postos integrados da célula separadamente.

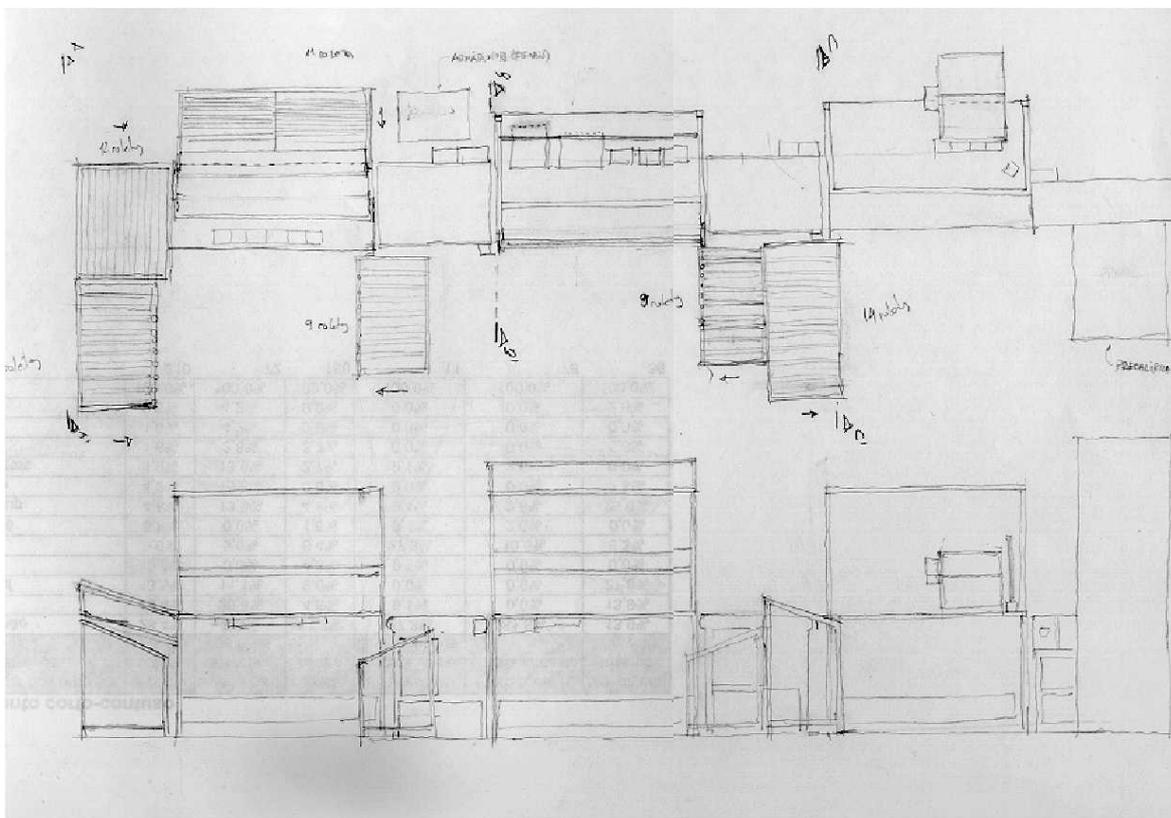


Figura 15: Célula de montagem inicial polifásica - vistas superior e frontal.

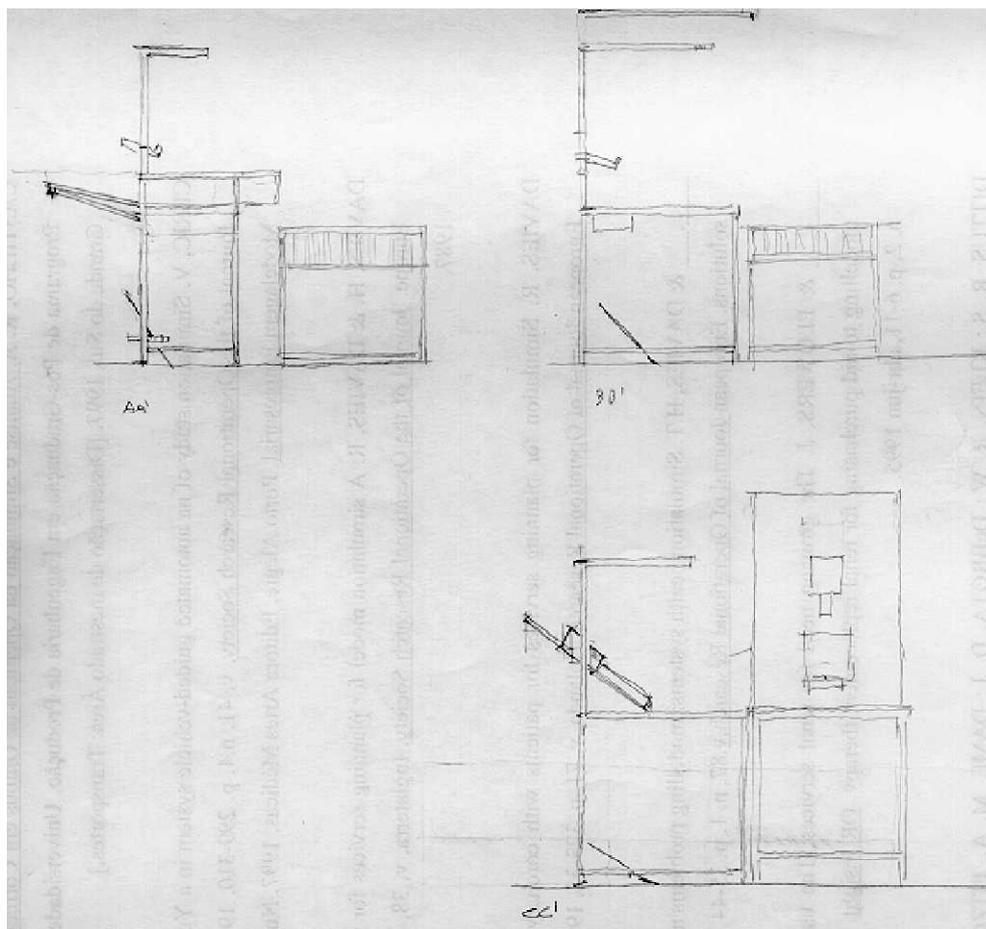


Figura 16: Célula de montagem inicial polifásica - cortes.



Figura 17: Posto integrado 1 da célula de montagem inicial polifásica. Note a quantidade de componentes sobre a bancada e no entorno do posto.



Figura 18: Posto integrado 2 da célula de montagem inicial polifásica.



Figura 19: Posto integrado 3 da célula de montagem inicial polifásica.

Por determinação da empresa, foram construídas 5 células idênticas, sendo três destinadas à montagem de medidores convencionais (características de montagem padrão e não padrão) e duas à montagem de medidores especiais (características de montagem padrão e não padrão). Neste trabalho, as três primeiras células serão referidas por células 1, 2 e 3, e as duas últimas por células 4 e 5.

Deve ficar claro que a decisão pela construção de duas células para a montagem de medidores especiais (células 4 e 5) partiu da empresa que, na ocasião, estava na expectativa pela consolidação de pedidos aventados por clientes do Paquistão e da Venezuela. Da mesma forma que estas duas células, necessariamente, implicariam em um

projeto à parte, não simplesmente uma réplica da célula destinada à montagem de medidores convencionais, haja visto que os medidores especiais apresentam características (dimensões, operações, por exemplo) e necessidades (ferramentas e DEMAG) diferentes. Em decorrência, estas células não estão adequadas às necessidades e exigências do produto, das atividades da tarefa nem do ser humano.

Os mesmos operadores da linha de montagem foram alocados para as células, o que possibilitou a comparação entre os sistemas linear e celular. Isto é importante, à medida que para a avaliação dos fatores subjetivos e/ou individuais é imprescindível que os operadores tenham trabalhado em ambos sistemas. Por outro lado, no tocante aos dados de produtividade é importante garantir que os operadores da célula compartilhem experiências anteriores similares.

Avaliação do novo sistema e melhoria contínua

Posterior à implantação do sistema celular, as avaliações continuaram sendo procedidas. Num primeiro momento semanalmente e, após o quarto mês da implantação, quinzenalmente. Analisou-se o comportamento dos operadores (posturas adotadas), coletou-se o depoimento dos funcionários quanto a fatores subjetivos e/ou individuais (aprendizado das operações, desconforto, queixas de dor, por exemplo) e acompanhou-se a produtividade diária das células.

Da mesma forma, não se deu por encerrado as melhorias no novo sistema de montagem. Os grupos de CCQ relativos ao subsetor de montagem inicial polifásica, que são compostos, exclusivamente, por operadores da montagem inicial polifásica, foram incentivados para procederem melhorias no sistema celular. Os problemas detectados por ocasião da apreciação ergonômica e que não haviam sido tratados e as respectivas soluções aventadas. Entre as melhorias, destacam-se as procedidas nos três dispositivos de apoio utilizados na montagem.

No caso do dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente (4.725 Kg) foram colocados trilhos na bancada (em Figura 20) para que o mesmo pudesse ser deslizado sobre a superfície com o mínimo uso de força. O dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de tensão, que impunha movimentos críticos (extensão do pulso, braço fora da linha neutra, principalmente) e emprego de força, foi substituído por um entalhe na bancada de trabalho (em Figura 21), o qual permitiu o posicionamento do medidor na vertical e inclinado

(posições implicadas para a montagem dos eletroímãs) sem impor constrangimentos ao operador. O dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor, por sua vez, foi reprojetoado (em Figura 22) por um engenheiro de processo da empresa, o qual participou de todo o processo de transformação do sistema linear para o celular. Este mesmo funcionário, auxiliou os grupos de CCQ da montagem inicial polifásica e viabilizou as melhorias.

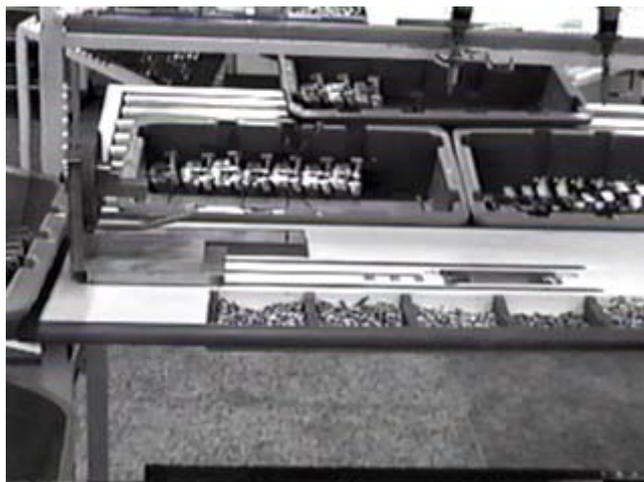


Figura 20: Trilhos (02) na bancada de trabalho do posto 1 para o deslizamento do dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente (à esquerda na gravura) da lateral esquerda da bancada até a área útil de trabalho e vice-versa.

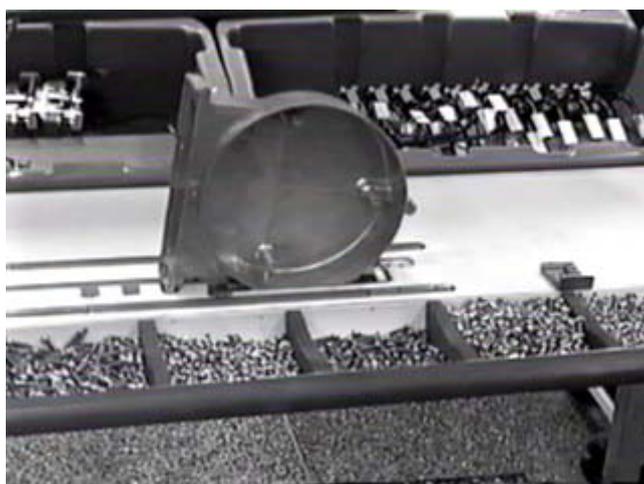


Figura 21: Entalhe na bancada de trabalho do posto 1 para posicionar a base do medidor segundo os planos vertical e inclinado quando da montagem e fixação dos eletroímãs de tensão na armação e base do medidor.

Na Figura 21, salienta-se que o entalhe na bancada localiza-se na área útil para o trabalho, justamente entre os trilhos para o deslizamento do dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente.



Figura 22: Dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor reprojetoado.

Na Figura 22, note que, ao contrário do dispositivo utilizado na linha, este é móvel (ou seja, não está fixo na bancada de trabalho) e conta com regulagens para o ajuste da altura e da inclinação do plano de trabalho.

Outras melhorias deverão ainda ser implementadas. Está previsto o desenvolvimento e a implantação de um sistema de limpeza que prescindia o manuseio do medidor por parte do trabalhador, um sistema de câmara de vídeo e monitor para a centragem do conjunto rotor (vistas a melhor adequação postural do trabalhador) e o reprojeto dos medidores polifásicos.

Salienta-se que o início do processo de melhorias no novo sistema de montagem foi lançado no mesmo dia em que o sistema foi implantado. A discussão dos problemas encontrados e o desenvolvimento de melhorias, entretanto, aconteceram somente após o treinamento em ergonomia. Neste momento, o investigador, sempre que solicitado, participou das discussões e da tomada de decisões.

Treinamento em ergonomia

Com o objetivo de maximizar/garantir as condições de saúde e de segurança dos trabalhadores, entre os dias 13 e 16 de outubro de 1998 todos os funcionários do chão-de-fábrica receberam um treinamento em ergonomia.

Este treinamento foi ministrado por uma equipe multidisciplinar composta por engenheiro de produção, médico do trabalho, educador físico, fisioterapeuta e a pesquisadora. Destes integrantes, os dois primeiros possuem vínculo empregatício com a empresa, o terceiro é um prestador de serviços e os dois últimos integram a equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS. Todos têm em comum a formação em Ergonomia do PPGEP/UFRGS.

Entre os assuntos abordados destacam-se: posturas e movimentos adequados do ponto de vista da biomecânica ocupacional, aspectos da fisiologia do trabalhador, a importância da alternância de postura e fatores precipitadores de DORTs, os quais, na medida do possível, foram seguidos por exemplos práticos relacionados com o dia-a-dia dos funcionários.

Salienta-se que este treinamento não foi encerrado no último dia do curso. Ao contrário, foi estendido para o local de trabalho onde se observou e corrigiu o comportamento dos operadores, individualmente. Neste momento esteve-se atento, principalmente, para as posturas e gestos oriundos de hábitos/vícios adquiridos quando das atividades na antiga linha, como por exemplo, levantar/transportar o medidor entre o posto e a AMEP (e vice-versa), quando isso, no novo sistema, foi eliminado pela colocação de roletes na área entre postos ou esteiras e pela eliminação das bordas da AEMP.

Durante os 3 primeiros meses subsequentes ao treinamento o acompanhamento do comportamento dos trabalhadores foi semanal, sendo na seqüência quinzenal.

Cronograma e participação dos trabalhadores

O ritmo do levantamento, avaliação, validação e implementação das modificações seguiu as necessidades e disponibilidades da empresa, ou seja, o cronograma da empresa, e contou com a participação dos funcionários da empresa, de diferentes áreas e níveis hierárquicos dentro da organização.

No Quadro 6, apresenta-se o cronograma das atividades realizadas na empresa tal como aconteceram. Na Figura 23 indica-se o número de pessoas envolvidas em cada evento.

Quadro 6: Cronograma das atividades realizadas junto à empresa tal como aconteceram.

Etapas	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Levantamento e diagnóstico	X														
Definição dos parâmetros de projeto		X													
Projeto (leiaute e mobiliário)		X	X												
Construção de protótipo				X											
Avaliação e validação do protótipo					X	X	X	X							
Implantação do sistema celular										X	X	X	X	X	X
Grupos de CCQ - melhoria contínua											X	X	X	X	X
Treinamento em ergonomia													X		

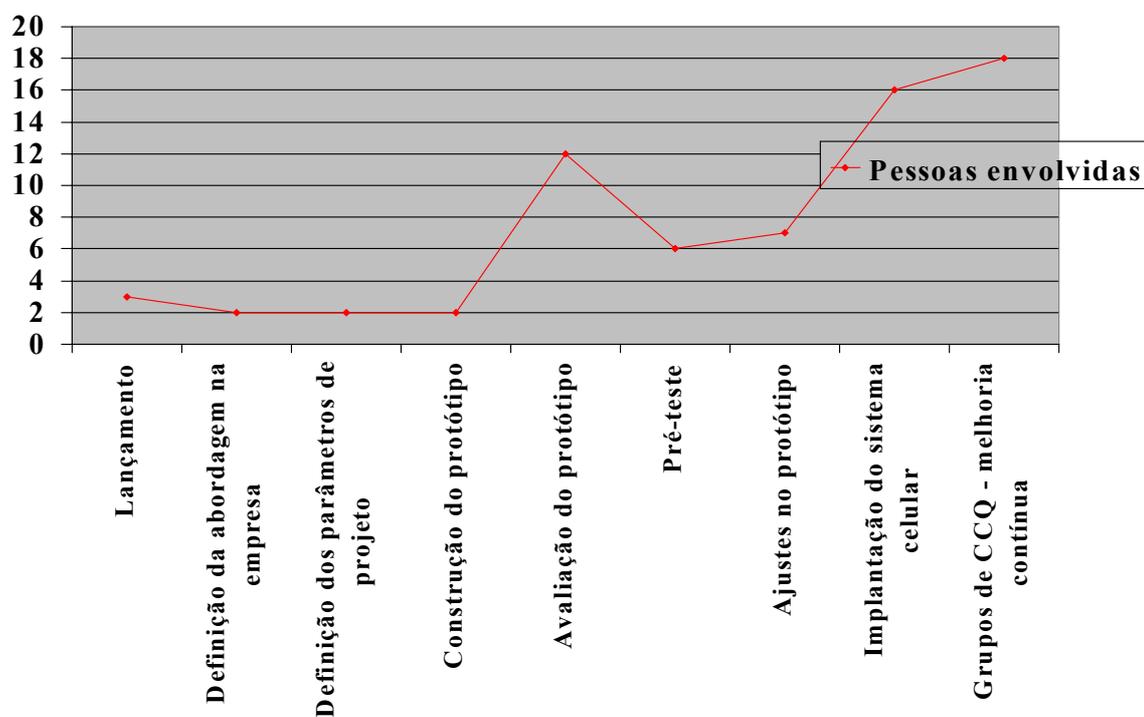


Figura 23: Número de pessoas envolvidas em cada evento.

Capítulo 5 – Resultados e discussão

O trabalho nos leiautes linear e celular foi avaliado quanto à incidência de doenças ocupacionais e acidentes do trabalho, fatores físicos, individuais e/ou subjetivos tais como, satisfação e fadiga, e quanto à produtividade. A seguir, dispõe-se sobre cada um destes aspectos.

Doenças ocupacionais (DORT) e acidentes do trabalho

Os casos de queixas de dor, sintomas e afastamentos do trabalho relacionados com DORTs foram investigados a partir de entrevistas abertas com os funcionários, junto aos leiautes linear e celular, e comprovados com base em documentação médica, especificamente, Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) emitidas entre jan/97 e ago/99.

O depoimento dos funcionários sobre queixas relacionadas com o trabalho nos leiautes linear e celular estão apresentados nos Quadros 7 e 8.

Salienta-se que, às causas prováveis de queixas relacionadas com o trabalho junto ao leiaute linear, soma-se, em todos os postos, a repetição de mesmos movimentos em tempos reduzidos (entre 10 e 60 segundos), o levantamento de peso (entre 0,756 e 2,726 kg) quando da aquisição/depósito do conjunto medidor nas áreas entre postos e posturas inadequadas, do ponto de vista da biomecânica ocupacional, dado à posição dos componentes e meios de trabalho nos postos.

Em relação às queixas e causas prováveis junto ao leiaute celular, esclarece-se que os sintomas de cansaço surgiram, somente, por ocasião do exercício de horas-extras (a partir de 5 dias consecutivos). Outro aspecto que merece ser abordado é que no primeiro mês de trabalho junto à célula os funcionários colocaram que sentiam dores por todo corpo. Após este período, entretanto, as mesmas foram desaparecendo gradativamente, fator atribuído à eliminação da tensão dos operadores decorrente do fato de estarem experienciando uma situação nova de trabalho e à adaptação do organismo/melhoria do condicionamento físico.

Quadro 7: Tarefas, queixas relacionadas com DORT e causas prováveis nos postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG.

Posto	Tarefas	Queixas	Causas prováveis
1	Montar e fixar componentes	Dor muscular nos braços, maior no D	Posição (lateral E em frente ao operador) e altura (119 cm e 127 cm do solo) da caixa acondicionadora dos eletroímãs de corrente - braço cruza linha sagital; Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior.
2	Montar e fixar componentes	Desconforto no antebraço D	Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior
3	Montar e fixar componentes	Dor nas costas, maior na região toráxio-lombar	Dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de tensão - uso de força (os dois braços) para colocar e retirar o medidor do dispositivo associado a membros superiores fora da linha neutra (antebraço fletido) e com a musculatura contraída
4	Montar e fixar componentes	Dor muscular nos braços, maior no D	Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior
5	Montar e fixar componentes	Dor na nuca Dor muscular, perda de força nos dedos, mão e punho (braço D)	Operação de encaixe dos terminais do eletroímã de corrente dentro do bloco com chave de fenda manual - emprego de força associado a trabalho estático de membros superiores e punho em flexão/extensão Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior
6	Montar e fixar componentes	Dor no braço D (ombro, cotovelo e punho)	Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior
7	Montar e fixar componentes Limpar medidor	Musculatura pára-cervical tensa (nuca) Formigação, câibra e perda de força na mão e antebraço D.	Equipamento de limpeza (posição a D e $h_{trabalho} = 82$ cm do solo) - sustentação de peso (entre 1,979 e 2,674 kg), mão E cruza linha sagital, cabeça e coluna em flexão Martelo - uso de força/ímpacto
8	Montar e fixar componentes Testar dieletro	Formigação nas mãos e dedos (D e E)	Aparafusadeira pneumática - uso excessivo de força associado a trabalho estático de membro superior Equipamento de teste (ponteiras do dieletro) - membros superiores fora da linha neutra e em trabalho estático
9	Montar e fixar componentes Centrar rotor	Dor nas costas Formigação e perda de força no punho direito	Operação de centrar rotor (chave de fenda manual) - ombro elevado acima do nível dos ombros, giro do cotovelo, mão em desvio ulnar, coluna e cabeça em extensão (-32°)
10	Montar e fixar componentes Testar ligações	Dor muscular nos ombros, braços, pulsos (maior no D) e costas	Depósito dos medidores no carrinho transportador - peça com 2,8 kg erguida (até altura de 170 cm) braços elevados acima do nível do ombro associado à sustentação de peso: 2,131 kg (D8L 15A padrão) e 2,726 kg (T8L 15A padrão)
11	Operar equipamento DEMAG	Dor muscular nas pernas, braços e pescoço	Equipamento DEMAG - acompanhamento visual contínuo durante o processo de desmagnetização do freio (cabeça em flexão $(+45^{\circ})$) Postura de trabalho - em pé

Quadro 8: Tarefas, queixas relacionadas com DORT e causas prováveis nos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.

Posto	Tarefas	Queixas	Causas prováveis
1	Montar e fixar componentes	Cansaço nos braços	Horas-extras após o trabalho, inclusive nos finais de semana
2	Montar e fixar componentes Testar dieletro Testar ligações Limpar medidor	Desconforto/dor nos pulsos Cansaço nos braços	Operação de encaixe dos terminais do eletroímã de corrente dentro do bloco com chave de fenda manual - emprego de força associado a trabalho estático de membros superiores, punho em flexão/extensão Horas-extras após o trabalho, inclusive nos finais de semana
3	Montar e fixar componentes Centrar rotor Operar DEMAG	Cansaço nos braços	Horas-extras após o trabalho, inclusive nos finais de semana

Conforme Quadros 3 e 4, a incidência de injúrias reduziu quando do trabalho junto ao leiaute celular. Atribuiu-se isto à organização do trabalho nas células, principalmente ao alargamento e enriquecimento da tarefa a cargo de cada operador e respectivo aumento do tempo de duração do ciclo de trabalho (o que reduziu a repetição de mesmos movimento a cada ciclo), à adequação dos postos e meios de trabalho às características da população usuária (o que favoreceu a adoção de posturas adequadas segundo a ótica da biomecânica ocupacional) e à minimização do levantamento de peso entre postos pela introdução de esteiras.

Os dados relacionados com a saúde física dos trabalhadores e acidentes do trabalho, oriundos de documentação médica eram incompletos, dado a lacunas no processo de registro das informações na empresa. Em decorrência, não foi possível separar os dados por setores e respectivos subsetores de produção, sendo os resultados apresentados na Figura 9 representativos de todos os trabalhadores do chão de fábrica.

Conforme Figura 24, as melhorias geradas pela intervenção ergonômica junto ao setor de montagem eletromecânica reduziu o índice de distúrbios osteomusculares em membros superiores relacionados com o trabalho e o número de acidentes do trabalho.

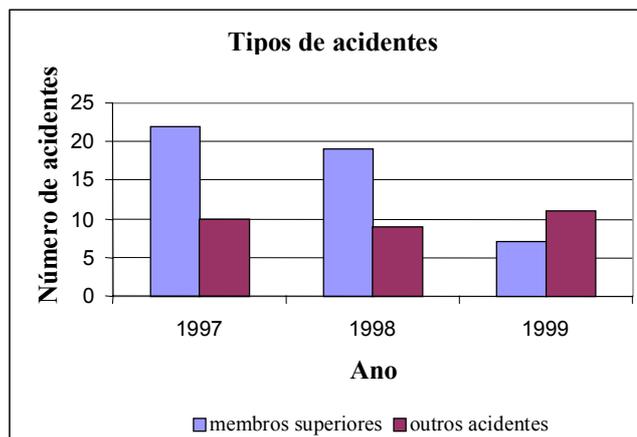


Figura 24: Redução do índice de distúrbios osteomusculares em membros superiores relacionados com o trabalho e acidentes do trabalho

Fatores subjetivos e/ou individuais

A opinião dos trabalhadores sobre o trabalho nos sistemas linear e celular foi avaliada por meio de questionários (em Anexo 4) e escala de avaliação.

Os questionários foram aplicados em dois momentos distintos: o relativo ao leiaute linear foi aplicado no mês de maio de 1998 e o relativo ao leiaute celular em julho de 1999.

A participação dos funcionários foi voluntária. O questionário relativo ao leiaute linear contou com a colaboração de 15 operadores de um total de 22. Já no relativo ao leiaute celular a participação foi integral, ou seja, 15 questionários foram preenchidos.

A escala de avaliação do questionário (em Anexo 4) consistiu em uma reta de exatamente 15 cm com 5 âncoras distribuídas a cada 2,5 cm, onde a âncora da esquerda corresponde a aspectos de insatisfação, dificuldade ou discordância e a da direita, justamente o contrário, satisfação, facilidade ou concordância, e a âncora central neutralidade.

Para a indicação das respostas de cada pergunta do questionário, o respondente deveria marcar na reta (escala) a resposta que melhor representasse sua opinião, utilizando-se de um símbolo (traço, ponto, cruz, etc...) de sua preferência.

Aplicado os questionários, o primeiro passo consistiu na tabulação dos dados e no cálculo da média aritmética de cada resposta (em Anexo 4, Tabela 40).

Para verificar se a diferença entre as médias para perguntas repetidas nos 2 questionários eram significativas, recorreu-se ao teste não paramétrico *Wilcoxon Rank-Sum Test*, também conhecido por *Mann-Whitney Test*.

Os requisitos para a aplicação *Wilcoxon Rank-Sum Test* são:

- a) há duas populações independentes, X_1 e X_2 , com médias μ_1 e μ_2 ;
- b) o tamanho da amostra é $n_1 \leq n_2$.

São testadas duas hipóteses:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (onde 1 representa o leiaute linear e 2 o celular)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (onde 1 representa o leiaute linear e 2 o celular)}$$

A tomada de decisão é feita com base na soma dos valores de cada linha (w_{calc}), ou seja, na soma dos valores atribuídos para cada pergunta, e no valor crítico (w_{tab}) obtido em tabela dado o tamanho das amostras e intervalo de confiança assumido.

Se a soma dos valores de cada linha difere grandemente, conclui-se que as médias não são iguais. A hipótese nula ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) é rejeitada a favor da hipótese 1 ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$) se a soma dos valores de cada linha (w_{calc}) for menor ou igual ao valor crítico (w_{tab}).

Para o caso em questão, dado o tamanho das amostras que é $n_1 = n_2 = 15$ e, assumindo-se um intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$), o valor de w_{tab} é 185. Deve ficar claro que neste momento, considerou-se somente as perguntas repetidas em ambos questionários, sendo analisadas um total de 10 perguntas.

Para o cálculo do w_{calc} utilizou-se o programa estatístico *Statgraphics Plus, version 2, 1995*. Os dados de entrada foram as médias aritméticas de cada pergunta (em Anexo 4, Tabela 40) organizadas aos pares (linha-célula).

Na Tabela 22 estão apresentados os resultados da aplicação do teste não-paramétrico *Wilcoxon Rank-Sum Test*.

Tabela 22: Resultado do teste não-paramétrico *Wilcoxon Rank-Sum Test*, programa estatístico *Statgraphics Plus version 2*, 1995.

Perguntas	M _{leiaute linear}	M _{leiaute celular}	W _{calc}	Diferença significativa
Aprendizagem	11,10	9,07	205	-
Ritmo de trabalho	8,13	9,08	213	-
Satisfação em relação ao trabalho	7,82	10,01	202	-
Envolvimento com os colegas	10,77	13,90	168	X
Estado de ânimo no final do trabalho	3,31	4,28	209	-
Relações pessoais entre os colegas	12,29	14,02	185,5	-
Qualidade no sistema de trabalho e nos produtos fabricados	10,90	10,63	232	-
Participação e comprometimento pela qualidade	11,35	13,79	184	X
Participação e comprometimento no trabalho	13,28	13,05	223	-
Reconhecimento (elogio) pelo trabalho	5,28	5,83	226	-

Da aplicação do *Wilcoxon Rank-Sum Test* tem-se que houve diferença significativa entre médias somente para 2 perguntas.

O resultado da pergunta “o envolvimento com os outros colegas de trabalho faz com que você se sinta” indica que os funcionários estão mais satisfeitos quando do trabalho no leiaute celular. Nesse sentido, tem-se comprovada a hipótese 4 a qual supõe que o trabalho em pequenos grupos contribui no sentido de melhorias nas relações pessoais entre os colegas.

Do resultado da pergunta “a empresa conta com a sua participação e comprometimento na busca de alta qualidade”, verificou-se que os funcionários têm conhecimento dos objetivos da empresa e que têm consciência do papel que devem desempenhar para que o mesmo seja atingido.

Para as perguntas relacionadas com as condições de trabalho nos leiautes linear e celular não houve diferença significativa entre as médias, apesar da maioria das médias das

perguntas relativas ao leiaute celular terem sido superiores as da linha. Ou seja, a reorganização do trabalho (conteúdo das tarefas, leiaute, ritmo de produção) não conduziu a uma aumento significativo da satisfação dos operadores em relação ao trabalho na célula e a sensação de cansaço após um dia de trabalho na célula parece ser menor que a na linha. Questiona-se, no entanto, esses resultados não terem sido significativos, à medida que durante o período de observação do sistema celular em funcionamento, ocorreram situações críticas que não ocorreram quando da linha, a saber, problemas de qualidade nos componentes terceirizados e atraso na entrega, cujas conseqüências compreenderam a intensificação de horas-extras (inclusive nos fins-de-semana) e a alteração de turnos. Além disso, os funcionários trabalhavam sob pressão pois independentemente dos problemas tinham prazos de produção a cumprir.

Quanto ao regresso ao antigo sistema de montagem, isto é, ao leiaute linear, após a vivência em ambos sistemas, somente 3 operadores (o que representa 20 % dos trabalhadores) mostraram-se favoráveis ao sistema celular, 6 (40%) indiferentes, 5 (33,33%) demonstraram explicitamente o seu desejo pelo retorno ao antigo sistema e 1 (6,67%) absteve-se. É difícil tecer considerações mais detalhadas sobre estes resultados à medida que a maioria mostrou-se indiferente. Entretanto, conforme suposto na hipótese 5 (indivíduos com baixo índice de socialização tenderão a rejeitar o novo sistema uma vez que tem por base o trabalho em equipe), a forma de trabalho da célula foi rejeitada por 33,33% operadores.

Note, contudo, que quando se perguntou-se aos operadores da linha qual a sua opinião a respeito da implantação do leiaute celular, 46,67% mostrou-se favorável ao trabalho na célula, 40 % opôs-se e 13,33% mostrou-se indiferente. Ou seja, houve uma mudança de opinião dos funcionários (já que houve redução de apoio ao sistema linear) e aumento do número de operadores indiferentes ao retorno à antiga linha, posterior à vivência no sistema celular.

Quanto à possibilidade de rodízio nos demais subsectores do setor de montagem eletromecânica, 8 funcionários (53,33%) mostraram-se favoráveis ao rodízio, 5 (33,33%) rejeitaram-o e 2 (13,33%) mostraram-se indiferentes. Quando questionados sobre o rodízio (através de entrevistas abertas) por ocasião dos 3 últimos meses de observação do sistema celular em funcionamento, alguns funcionários expuseram que o rodízio traria benefícios para a sua saúde física e mental à medida que reduziria a monotonia e a repetitividade no

trabalho. Krug (2000), que realizou um estudo de caso junto aos postos de pré-calibração dos medidores monofásicos, na mesma empresa em 1999/2000, também concluiu que há uma tendência dos funcionários perceberem o rodízio como uma boa opção para prevenção dos casos de DORTs.

Relacionando-se as perguntas 15 e 16 do questionário relativo ao leiaute celular, que dispõem, respectivamente, sobre o rodízio nos demais subsetores da montagem eletromecânica e retorno ao antigo sistema linear de produção (em Anexo 4, Tabela 41), pode-se inferir que a maioria dos indivíduos que preferem o trabalho em linha tendem a não se interessar pelo rodízio. Deve ficar claro, contudo, que isto não pode ser extrapolado para toda população, à medida que não foi possível analisar os dados estatisticamente (ou seja, verificar se há associação entre as variáveis), pois os dados não atendem as suposições do teste Qui-Quadrado, especificamente, uma célula da matriz de associação ficou vazia).

Sobre a opinião dos trabalhadores quanto ao aprendizado das atividades da tarefa relativas aos sistemas linear e celular (hipótese 6 deste trabalho que dispõe sobre o aprendizado de habilidades no meio industrial), segundo o *Wilcoxon Rank-Sum Test*, a diferença entre as médias não foi significativa. Isto indica que a ampliação da tarefa com habilidades similares (no caso, motoras e cognitivas) não implica em dificuldades de aprendizado.

Na Tabela 23, apresentam-se os resultados das perguntas do questionário relativo ao sistema celular sobre o *design* dos postos integrados da célula e posturas e movimentos assumidos durante o trabalho.

Tabela 23: Resultado das perguntas do questionário relativo ao sistema celular sobre *design* dos postos integrados da célula e posturas e movimentos assumidos durante o trabalho.

Perguntas	Média
Área útil para trabalho:	8,65
Disposição dos materiais nos postos integrados	6,73
Posturas e movimentos assumidos durante o trabalho	8,11
Estética dos postos	10,94

Conforme os resultados apresentados na Tabela 23, com exceção da disposição dos materiais nos postos integrados da célula, o *design* dos postos atendeu a maioria, já que os

resultados ultrapassaram a média de satisfação. O item "disposição dos materiais nos postos" resultou num índice de satisfação abaixo da média, tendo sido comentado que os componentes e meios de trabalhos encontravam-se aglomerados sobre a bancada de trabalho.

Isto se deve ao fato de se ter adotado uma solução de compromisso entre a posição dos componentes e meios de trabalho nos postos da célula e movimentos e posturas adequados (segundo a ótica da biomecânica ocupacional) durante o trabalho. Apesar desse item não ter sido satisfatório, considera-se que o *design* dos postos integrados da célula foi um sucesso pois, como é sabido, não se consegue 100% de aceitação já que na maioria dos casos, soluções de compromisso precisam ser adotadas para não prejudicar outros itens considerados prioritários de projeto. Deve ficar claro, contudo, que há espaço suficiente (porém restrito) para os mesmos sobre a bancada, em área excedente à útil para o trabalho. A restrição de espaço deve-se à solução de compromisso adotada por ocasião do projeto dos postos integrados da célula entre a posição dos componentes e meios de trabalho nos postos e movimentos e posturas adequados (segundo a ótica da biomecânica ocupacional) durante o trabalho. Apesar desse item não ter sido satisfatório, considera-se que o *design* dos postos integrados da célula foi satisfatório, pois, como é sabido, geralmente não se consegue 100% de aprovação, já que, na maioria dos casos, soluções de compromisso precisam ser adotadas para não prejudicar outros itens considerados prioritários de projeto.

A hipótese 7, que se relaciona com a utilização da abordagem participativa, foi comprovada a partir de observações sistemáticas. De fato os operadores da montagem inicial polifásica tornaram-se comprometidos com a nova forma de organização do trabalho e responsáveis pelo mobiliário e meios de trabalho de sua célula. Ao final do dia de trabalho, por exemplo, limpam a célula com aspirador de pó e pano embebido no álcool. Salienta-se que, à pedido dos operadores, a empresa comprou um aspirador de pó para cada célula.

A participação de funcionários de diferentes áreas e níveis hierárquicos dentro da organização (incluindo-se aqui, também, os integrantes do COERGO), desde o levantamento dos problemas até a implementação e otimização do sistema, facilitou a identificação/correção dos problemas e a viabilização e operacionalização das modificações propostas. Da mesma forma, contribuiu para estimular o trabalho em equipe,

exercitar a multidisciplinaridade na empresa e para a transferência de conhecimentos, no caso de ergonomia.

Em relação aos integrantes do COERGO, em particular, ficou claro que aqueles que ocupam cargos superiores na organização (no caso, gerências) têm influência sobre o processo de tomada de decisão na priorização e execução das soluções aventadas, por exemplo. Eles são, de fato, os facilitadores/viabilizadores das modificações propostas. Constatou-se, também, que há o surgimento de um líder natural no grupo e que as atitudes/atividades do COERGO são orientadas segundo a sua percepção/entendimento da ergonomia e da abordagem de trabalho proposta (no caso, a macroergonomia).

Posterior à implantação do sistema celular, houve rotatividade de pessoal (demissão de funcionários e pedidos de demissão por parte de outros). Entre estes, havia integrantes do COERGO representantes das áreas de manufatura e de saúde ocupacional. Com a saída de um gerente (percebido como líder natural do grupo) em especial, o COERGO ficou enfraquecido especialmente no tocante à percepção da ergonomia e da abordagem utilizada para a resolução dos problemas. O elo universidade-empresa foi rompido, de certa forma. Na seqüência dos acontecimentos, o COERGO, que desde o início das atividades na empresa era gerido pela área de manufatura, passou a ser administrado pelos recursos humanos. Surge, então, um novo líder natural do grupo, cuja abordagem ergonômica diverge da conduzida pela equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS. Em decorrência, os problemas encontrados, as ações/soluções propostas passaram a ser pouco importantes para a organização (não foram mais tomadas como prioridade). Com base nestes fatos, ratifica-se a percepção de que o líder (no caso, natural) tem influência sobre a conduta, atividades, etc... do grupo e que em um programa de ergonomia não pode se sustentar, apenas, na figura deste líder. Um programa para ser efetivo precisa, antes de tudo, ser um compromisso de toda empresa.

Produtividade

A produtividade foi avaliada com base em Indicador de Produtividade (IP).

Apesar do indicador de produtividade não ser usado como principal indicador de melhorias das condições de trabalho na literatura sobre ergonomia, ele é um dos indicadores mais

utilizados para a avaliação de desempenho de um processo produtivo. Por outro lado, a falta de indicadores do bom desempenho de uma prática ergonômica frequentemente dificulta a justificativa para a adoção de melhorias ergonômicas por uma empresa.

O Indicador de Produtividade (IP) utilizado foi calculado dividindo-se a produção obtida em um período pelo número de homens vezes horas utilizados neste mesmo período.

Seguiu a equação 4, sendo expresso por peças/horas x homem.

$$IP = \frac{\sum \text{medidores de um mesmo tipo no período}}{(\text{n}^\circ \text{ homens} \times \text{n}^\circ \text{ horas}) \text{ utilizados neste mesmo período}} \quad \text{equação (4)}$$

Ou seja, foi medida a produtividade média para cada tipo de medidor em um período, dado o número de homens utilizados e horas aplicadas neste mesmo período.

Quanto à utilização desta equação 4 tem-se a colocar que:

. o período é variável; foi determinado em função do tamanho do lote, sendo um dia de trabalho o tempo máximo de um período;

. o número de homens considerados quando do leiaute linear é 11 (10 operadores da linha de montagem inicial polifásica mais 1 operador relativo ao processo de manufatura DEMAG) e no leiaute celular 3 operadores por célula;

. para o cálculo das horas aplicadas no período utilizou-se a equação 5, sendo horas (h) a unidade de medição. Isto se deve por dois motivos: (a) o primeiro consiste no fato de que cada turno apresenta carga horária de trabalho, intervalos para alimentação e horários para Atividade Física Labora (AFL) distintos; (b) o segundo, deve-se ao fato de que no decorrer do período de coleta de dados de produtividade a empresa enfrentou problemas (tais como atraso na entrega dos componentes por parte dos fornecedores, deficiências no planejamento da produção e compra dos componentes, retrabalho devido à péssima qualidade dos componentes) que prejudicaram a produção no subsetor de montagem inicial polifásica.

$$HA = CH - Ia - Il - Ij - Iafl - In \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

HA = horas aplicadas no período (incluindo-se horas-extras), unidade horas (h)

CH = carga horária de trabalho, unidade horas (h)

Ia = intervalo de almoço, unidade horas (h)

Il = intervalo de lanche, unidade horas (h)

Ij = intervalo de janta, unidade horas (h)

Iafl = intervalo para a AFL, unidade horas (h)

In = intervalo de tempo no qual não houve produção, unidade horas (h)

Salienta-se que os intervalos de tempo no qual não houve produção relacionam-se às interrupções das atividades para reuniões de grupos de CCQ, treinamentos, falta de energia elétrica e, principalmente, aos problemas enfrentados pela empresa com os fornecedores e a área de planejamento da produção da empresa. Cabe colocar que estes mesmos problemas implicaram na interrupção das atividades de produção por horas, inclusive dias, sendo críticos por ocasião do sistema celular.

Cabe esclarecer, ainda, que as horas gastas com retrabalho não foram consideradas nem computados os tempos de preparação a cada troca de lote.

Coleta dos dados de produtividade

Os dados de produtividade foram coletados durante todo o período do estudo de caso (out/1997 a ago/99), sendo, inclusive, recuperados e utilizados dados relativos a um período anterior ao início das atividades desta dissertação na empresa (jan/97 a out/97).

Com base no estudo de caso realizado na Mitsubishi Electric's Fukuyama Plant (NAGAMACHI, 1996) estimou-se, no mínimo, 8 meses de coleta de dados de produtividade no sistema celular.

Quando do início das atividades na empresa, os dados de produtividade de cada subsetor eram obtidos mediante o preenchimento manual de relatórios diários. Para cada subsetor havia um relatório específico. No caso do subsetor de montagem inicial polifásica, o relatório utilizado denominava-se “Relatório de Produção e Perdas” e era preenchido pelo montador do posto 9 da linha de montagem. Este relatório, conforme pode ser visto na Figura 31 (em Anexo 5), consiste em duas planilhas: uma para o registro das informações sobre o cliente, modelo do medidor, ficha técnica, quantidade programada, data e numeração do código de barras, e, outra, para o registro da produção prevista pela empresa

e a efetivamente montada em cada hora. Dispõe, também, de um espaço para observações, se necessário, para anotações de perdas relacionadas com a produtividade, como por exemplo, interrupção das atividades devido à falta de componentes ou queda de energia elétrica, ausência/falta de um montador, qualidade dos componentes.

Este mesmo relatório foi utilizado para coletar os dados de produtividade em ambos leiautes, sendo que, no celular, foi preenchido pelos operadores do posto integrado 3 de cada célula.

Embora esse relatório seja simples e de fácil compreensão, alguns foram preenchidos de forma incorreta ou parcial, principalmente quando do sistema celular em funcionamento, motivo pelo qual se fez necessário desconsiderá-los. O principal problema encontrado nesses relatórios foi o não registro exato dos horários de reuniões, treinamento, início e término da montagem dos lotes, queda de energia elétrica, manutenção (calibração dos dispositivos para teste) e, principalmente, dos períodos de tempo nos quais as atividades da montagem inicial polifásica mantiveram-se interrompidas por falta de componentes. Além disso, mas em menor intensidade, houve casos de não preenchimento da ficha técnica do medidor e da data, o que implicou, também, na exclusão dos relatórios.

Agrupamento dos dados de produtividade por período

Em busca de melhorias das condições de trabalho dos funcionários, a empresa, no ano de 1997, anterior ao ingresso da equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS, implementou a Atividade Física Laboral (AFL) durante o horário de trabalho para melhorar o estado de espírito dos funcionários. Em janeiro de 1988, em decorrência da intervenção ergonômica que vinha sendo realizada, foram efetuadas melhorias no ambiente físico do setor de montagem eletromecânica, especificamente, eliminação das divisórias entre os setores e introdução de sistema de climatização e som ambiental. Em julho deste mesmo ano o sistema de montagem celular foi implementado.

Dado que esta pesquisa tem por objetivo analisar o trabalho nos leiautes linear e celular e que, qualquer uma destas melhorias pode interferir nos resultados de produtividade (em Guimarães et. al, 1999), os dados foram agrupados em 4 períodos (referidos neste trabalho por P1, P2, P3 e P4) segundo cenários, caracterizados por tipo de leiaute e condições de trabalho, conforme indicado no Quadro 9.

Quadro 9: Períodos e respectivos cenários da intervenção ergonômica junto ao setor de montagem eletromecânica.

Períodos	Cenários	
	Tipo de leiaute	Condições de trabalho
P1- 01/01/97 a 23/08/97	Linear	Subsetores separados por divisórias
P2 - 24/08/97 a 05/01/98	Linear	Subsetores separados por divisórias
		Atividade física laboral
P3 - 19/01/98 a 03/07/98	Linear	Eliminação das divisórias
		Atividade física laboral
		Sistema de climatização
		Som ambiental
P4 - 06/07/98 a 31/08/99	Celular	Idem P3

Nas Figuras 31, 32 e 33 (em Anexo 6) apresenta-se o leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica para cada um dos períodos da intervenção macroergonômica.

Agrupamento dos medidores eletromecânicos polifásicos ativos

Foram coletados dados de produtividade de todos os tipos de medidores fabricados entre jan/97 a ago/99. Contudo, nem todos os tipos de medidores eletromecânicos polifásicos ativos puderam ser observados e considerados para a análise de produtividade pois a empresa trabalha por encomenda, ou seja, as ordens de produção são emitidas de acordo com os pedidos dos clientes.

Em decorrência, ao contrário da análise dos dados relacionados com a saúde dos trabalhadores e dos fatores físicos, individuais e/ou subjetivos que compreenderam as 5 células de montagem, a análise de produtividade restringiu-se aos dados das células C1, C2 e C3. Deve ficar claro que isto se deve ao fato das células C4 e C5 não terem apresentados dados suficientes para a análise estatística dos dados, ou seja, medidores de um mesmo grupo não foram fabricados nos quatro períodos da intervenção.

Para a análise dos resultados de produtividade, os medidores montados nas células C1, C2 e C3 foram agrupados segundo suas semelhanças. Isto foi possível à medida que determinados tipos, quando da montagem inicial polifásica e pré-calibração, compartilham

mesmos componentes (morfologia, peso e quantidades), operações e processos (número, seqüências), ferramentas e dispositivos e idênticos tempos de ciclo.

Os parâmetros para este agrupamento foram as características dos medidores e respectivas operações e processos. Num primeiro momento, com base no Quadro 10 e nas características, operações e processos de cada tipo de medidor, especificados na ficha técnica e na folha de processo, identificou-se quais tipos implicavam em atividades diferentes as do medidor padrão quando da montagem inicial e pré-calibração polifásica. Deve ficar claro que por atividade compreendem-se os comportamentos, tais como levantamento de peso e gestos de acionamento. Esta investigação contou com a participação de um funcionário da empresa.

Quadro 10: Características dos medidores e respectivas implicações quando das atividades da montagem inicial e pré-calibração polifásicas a partir do medidor eletromecânico polifásico ativo padrão.

Características dos medidores	Não interfere nas atividades padrão	Interfere nas atividades padrão
Corrente nominal 15A ou 30A		X
Tensão nominal do medidor - 120V, 240V e 480V	X	
Linha-carga ou seqüencial		X
Elo interno ou elo externo		X
Tropicalizado ou não tropicalizado	X	
Sem acessório ou com acessórios:	X	
Catraca	X	
Terminal terra (TT)	X	
Led's		X
Sensor		X
Emissor de pulso		X
Sobretampa		X

Como resultado, para o modelo D8L 15A identificou-se 4 grupos de medidores distintos (DC1, DE3, DC4 e DE4), para o B8L 15A somente um grupo (BC1) e para o T8L 15A 5 grupos (TC1, TE1, TC2, TE3e TC4). Quanto `a nomenclatura utilizada tem-se:

D = modelo D8L;

B = modelo B8L;

T = modelo T8L

C = medidor convencional (15A);

E = medidor especial (30A);

1 - características de montagem padrão, a saber, tensão (110V a 480V) - linha carga - elo interno - tropicalizado ou não tropicalizado - sem acessório ou com acessório(s) (especificamente: catraca e terminal terra);

2 - características padrão mais acessório *led*;

3 - características padrão mais acessórios sobre tampa e catraca (juntos num mesmo medidor);

4 - características de montagem: tensão (110V a 480V) - seqüencial* - elo externo* - tropicalizados ou não tropicalizados - sem acessório ou com acessórios (especificamente: catraca, terminal terra); (*) - características que diferem do medidor padrão.

Deve ficar claro que por características padrão subentende-se componentes, operações e processos padrão quando da montagem inicial e pré-calibração polifásicas.

Na Tabela 42 (em Anexo 5) apresentam-se as fichas técnicas dos medidores fabricados durante o período de coleta de dados de produtividade segundo este agrupamento.

Num segundo momento, os medidores foram agrupados segundo suas semelhanças dentro de cada período e contabilizado o número de repetições (isto é, o número de vezes em que foram fabricados em cada período) em cada grupo, conforme indicado na Tabela 24.

Considerando-se que nem todos os grupos de medidores foram fabricados nos quatro períodos da intervenção, somente os dados relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características padrão puderam ser considerados na análise de produtividade. Por conseqüência, as células C1, C2 e C3. Note que no caso dos medidores especiais, montados nas células C4 e C5, há poucos dados (número de repetições) e que medidores de um mesmo grupo não foram montados nos quatro períodos da intervenção.

Tabela 24: Número de repetições em cada grupo de medidores nos quatro períodos da intervenção.

Grupos	P1	P2	P3	C1	C2	C3	C4	C5	Total
TC1	141	16	55	82	53	63	12	17	439
TC2	3		1	7	2	1			14
TC3									
TC4	19								19
DC1	108	43	67	143	112	67	4	20	564
DC2									
DC3									
DC4	40								40
BC1	9	2	6		10	12			39
BC2									
BC3									
BC4									
TE1	10	2			6		20	4	42
TE2									
TE3							13	9	22
TE4									
DE1									
DE2									
DE3							5	18	23
DE4	5						2		7
Total	335	63	129	232	183	143	56	68	1209

A análise dos dados de produtividade consistiu em dois momentos:

- (1) Análise de variância de uma variável de resposta (*One-way ANOVA*) para avaliar a significância dos fatores e interações. A variável de resposta no caso em questão é a produtividade. O teste utilizado para verificar se há diferença significativa de produtividade entre os cenários e dentro dos cenários, em cada período foi o Teste F.
- (2) Comparação múltipla de médias para indicar a relação de significância entre os cenários/períodos da intervenção ergonômica.

O programa estatístico utilizado nestes dois momentos foi o *Statgraphics Plus, version 2*, 1995.

Produtividade alcançada nos quatro períodos da intervenção

Para a análise de variância entre os cenários e dentro dos cenários, considerou-se somente os dados de produtividade das células C1, C2 e C3 compreendidos entre abr/99 e ago/99. Isto se aos seguintes motivos: (a) as células C4 e C5 não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (explicitado no tópico anterior deste trabalho); (b) necessidade de se excluir o período de aprendizagem nas células (jul/98 a nov/98) para uma mesma base de comparação dos funcionários (equiparação de experiência) em ambos sistemas de manufatura; (c) necessidade de se excluir o período compreendido entre jan/99 e mar/99 no qual as atividades no sistema celular foram, por vezes, interrompidas devido a problemas de qualidade dos componentes e atraso dos fornecedores.

Nas Tabelas 25 e 26 apresentam-se os resultados do Teste F relativo aos medidores T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão.

Tabela 25: Resultados do Teste F para o o modelo T8L 15A padrão.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor P
Entre cenários	1,64482	5	0,328963	1,46	0,2010
Dentro dos cenários	73,2289	326	0,224628		
Total	194,026	358			

Tabela 26: Resultados do Teste F para o modelo D8L 15A padrão.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor P
Entre cenários	90,52950	5	18,1059	61,76	0,0000
Dentro dos cenários	103,49600	353	0,293188		
Total	194,026	358			

Se o valor de P do Teste F for maior ou igual a 0,05 tem-se que não há diferença significativa entre os cenários/períodos, considerando-se um intervalo de confiança igual a 95 %.

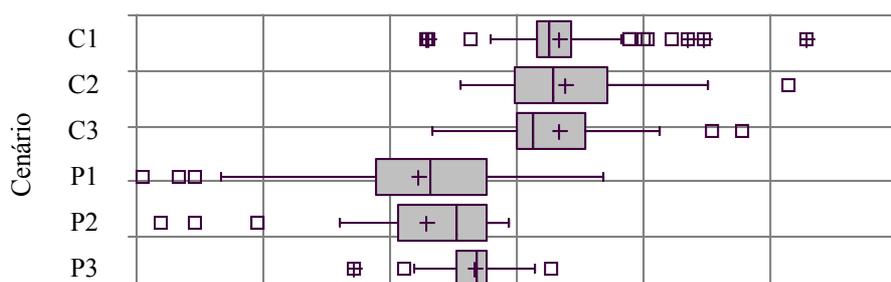
Nesse sentido, conforme resultados do Teste F (em Tabelas 25 e 26), para o modelo T8L 15A padrão não houve diferenças significativas entre os cenários/períodos da intervenção ($F = 1,46$ e $P = 0,20$), enquanto que para o modelo D8L 15A padrão as diferenças foram significativas ($F = 61,76$ e $P = 0,00$).

Como consequência, seguiu-se à comparação múltipla de médias para identificar a relação de significância entre os cenários/períodos da intervenção para o modelo D8L 15A padrão. Os resultados estão apresentados na Tabela 27 e Figura 25.

Tabela 27: Resultado da comparação múltipla de médias entre os cenários/períodos da intervenção ergonômica para o modelo D8L 15A padrão, onde as células C1, C2 e C3 representam o período P4.

Cenários	Nº de pontos	Média	Grupos homogêneos
P1	108	6,71824	X
P2	43	6,78442	X
P3	67	7,15985	X
C3	18	7,82833	X
C1	78	7,8309	X
C2	45	7,87867	X

Box-and-Whisker Plots - modelo D8L 15A



Na Tabela 28 e Figura 26 apresenta-se a produtividade média em cada período da intervenção (P1, P2, P3 e P4 - representado pela células C1, C2 e C3) relativa aos medidores T8L 15A e D8L 15A com características de montagem padrão.

Tabela 28: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A com características de montagem padrão em cada período da intervenção.

Modelos	Produtividade média (pçs / hxx)					
	P1	P2	P3	P4		
				C1	C2	C3
T8L 15A	5,2226	5,1781	5,4167	5,2654	5,2861	5,2712
D8L 15A	6,7182	6,7844	7,1599	7,8309	7,8787	7,8283

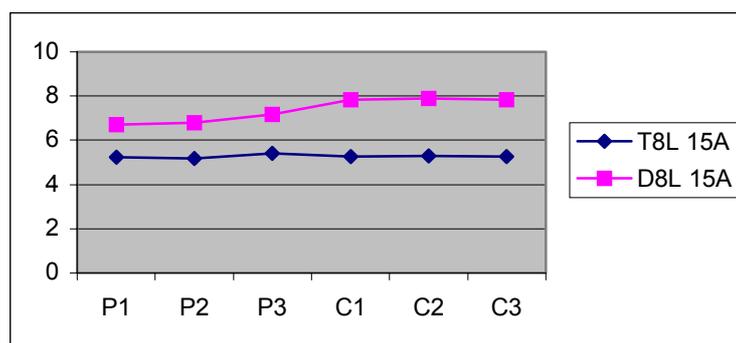


Figura 26: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão em cada período da intervenção, onde onde as células C1, C2 e C3 representam o período P4.

Na Tabela 29 apresentam-se as diferenças de produtividade médias entre os cenários/períodos da intervenção relativas ao medidores T8L 15A padrão e D8L 15A padrão, onde o período 4 está representado pelas células C1, C2 e C3.

Conforme resultados da análise estatística dos dados de produtividade, tem-se que dependendo do cenário/período da intervenção e do tipo de medidor houve diferenças significativas na produtividade.

Para o modelo T8L 15A padrão não houve diferença significativa de produtividade ($F = 1,46$; $P = 0,20$) entre os cenários/períodos da intervenção. Por outro lado, para o modelo D8L 15A padrão, os incrementos de produtividade foram significativos ($F = 61,76$; $P = 0,00$), principalmente, quando do sistema celular. Uma provável justificativa para este fato pode residir na influência da organização do trabalho do leiaute celular sobre a complexidade do produto, onde a complexidade das atividades de montagem parece diminuir o efeito da organização do trabalho, associada (ou não) ao desbalanceamento entre os postos integrados da célula quando da montagem de medidores T8L 15A padrão.

Tabela 29: Diferenças de produtividade média entre os cenários/períodos da intervenção ergonômica relativas ao medidores T8L 15A padrão e D8L 15A padrão.

Períodos	Modelos	
	T8L 15A	D8L 15A
P2-P1	-0,85%	0,99%
P3-P2	4,61%	5,53%
P3-P1	3,72%	6,57%
C1-P1	0,82%	16,56%
C2-P1	1,22%	17,27%
C3-P1	0,93%	16,52%
C1-P2	1,69%	15,42%
C2-P2	2,08%	16,13%
C3-P2	1,80%	15,39%
C1-P3	-2,79%	9,37%
C2-P3	-2,41%	10,04%
C3-P3	-2,69%	9,34%

Os resultados mostram, também, que houve diferença significativa de produtividade no período P3 em relação aos períodos P1 e P2 para modelo D8L 15A padrão, vindo a confirmar que melhorias no ambiente físico de trabalho têm influência positiva sobre a produtividade.

Para todos os modelos, a atividade física laboral por 10 min durante a jornada de trabalho não aumentou a produtividade, ou seja, não houve diferença significativa de produtividade comparando-se os períodos P1 e P2.

Produtividade das células C1, C2 e C3

A produtividade entre as células C1, C2 e C3, que compõe o quarto período da intervenção ergonômica, também foi analisada.

Para a análise de variância entre as células e dentro das células considerou-se todos os dados de produtividade oriundos do sistema celular, ou seja, dados compreendidos entre jul/98 (início das atividades no sistema celular) e ago/99 (término do estudo de caso na empresa), relativos aos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão, células C1, C2 e C3. Nas Tabelas 30 e 31 apresentam-se os resultados da aplicação do Teste F.

Tabela 30: Resultados do Teste F para o modelo T8L 15A padrão.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor P
Entre células	5,23226	2	2,61613	5,56	0,0045
Dentro das células	91,69810	195	0,470247		
Total	96,930	197			

Tabela 31: Resultados do Teste F para o modelo D8L 15A padrão.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor P
Entre células	43,64600	2	21,823	24,27	0,0000
Dentro das células	286,85800	319	0,899242		
Total	330,504	321			

De acordo com os resultados do Teste F houve diferenças significativas entre as células para ambos modelos: D8L 15A padrão ($F = 5,56$ e $P = 0,0045$) e D8L 15A padrão ($F = 24,27$ e $P = 0,00$). Como consequência, seguiu-se à comparação múltipla de médias para estes modelos. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 32 e 33 e Figuras 27 e 28.

Tabela 32: Resultado da comparação múltipla de médias entre as células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.

Cenários	Nº de pontos	Média	Grupos homogêneos
C3	63	4,83762	X
C1	82	5,13378	X
C2	53	5,23811	X

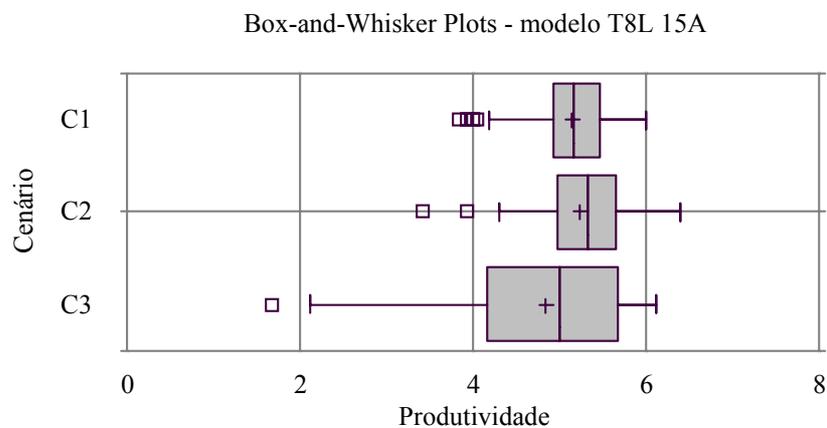


Figura 27: *Box and whisker plots* relativo ao modelo T8L 15A padrão, células C1, C2 e C3.

Cenários	Nº de pontos	Média	Grupos homogêneos
C3	67	6,54582	X
C1	143	7,41503	X
C2	112	7,49214	X

Tabela 33: Resultado da comparação múltipla de médias entre as células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.

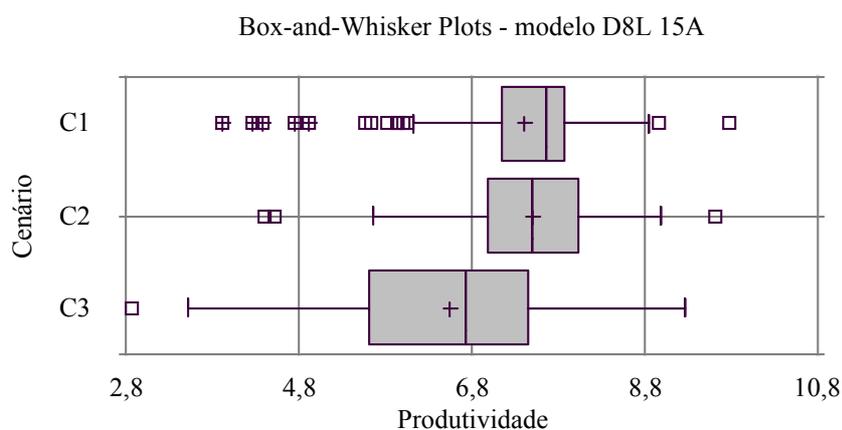


Figura 28: *Box and whisker plots* relativo ao modelo D8L 15A padrão, células C1, C2 e C3.

Na Tabela 34 apresenta-se a produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão nas células C1, C2 e C3. Na Tabela 35, as diferenças de produtividade média entre as mesmas.

Tabela 34: Produtividade média dos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão nas células C1, C2 e C3.

Modelos	Produtividade média (produção / h x h)		
	C1	C2	C3
T8L 15A	5,1338	5,2381	4,8376
D8L 15A	7,4150	7,4921	6,5458

Tabela 35: Diferenças de produtividade média (em %) entre as células C1, C2 e C3 relativas ao medidores D8L 15A padrão e T8L 15A padrão.

Modelos	C1-C2	C1-C3	C2-C3
T8L 15A	-1,99%	6,12%	8,28%
D8L 15A	-1,03%	13,28%	14,46%

Conforme os resultados da comparação múltipla de média houve diferença significativa de produtividade entre as células para ambos modelos (D8L 15A padrão e T8L 15A padrão), tendo as células C2 e C1 apresentado o melhor desempenho. Acredita-se que este resultado relaciona-se à experiência anterior dos operadores. No caso das células C1 e C2, os operadores apresentavam, na ocasião, entre 6 e 18 anos de experiência na montagem eletromecânica, enquanto que os operadores dos postos 1 e 2 da célula C3 eram todos novatos, tendo somente 3 meses de experiência na montagem inicial monofásica.

Aprendizagem e evolução da produtividade no sistema celular

Para analisar a aprendizagem das atividades relativas ao novo sistema (aquisição, desenvolvimento e maximização de habilidades) em função dos dados de produtividade e verificar as hipóteses de produtividade elaboradas a partir de Nagamachi (1996), calculou-se a produtividade média mensal de cada célula, dividindo-se a produção total de cada modelo no mês pelo nº de homens vezes horas utilizadas neste mesmo mês (programa

Microsoft Excel, versão 1997). Igualmente, considerou-se todos os dados de produtividade oriundos do sistema celular, ou seja, dados compreendidos entre jul/98 (início das atividades no sistema celular) e ago/99 (término do estudo de caso na empresa), relativos aos modelos T8L 15A padrão e D8L 15A padrão, células C1, C2 e C3. Nas Tabelas 36 e 37 e nas Figuras 29 e 30 apresentam-se os resultados de produtividade média mensal nas células conforme o modelo do medidor.

Tabela 36: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.

Data	Mês	Prod/h*h		
		C1	C2	C3
Jul/98	1		4,88	
Ago/98	2		4,82	3,07
Set/98	3	3,83	5,33	
Out/98	4	5,18	5,57	5,08
Nov/98	5	5,04	6,01	4,69
Dez/98	6	5,13	5,35	3,66
Jan/99	7			
Fev/99	8			
Mar/99	9	4,97	4,46	
Abr/99	10	5,17		3,90
Mai/99	11	4,62		
Jun/99	12	5,23		4,76
Jul/99	13	5,29	5,35	4,95
Ago/99	14	5,47	5,22	5,04

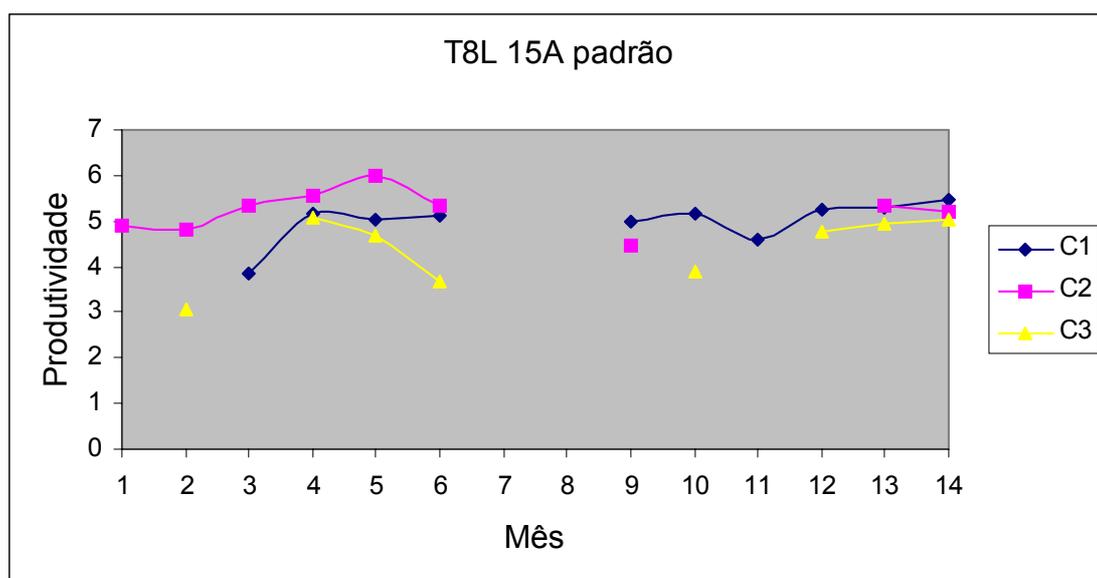


Figura 29: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A com características de montagem padrão.

Tabela 37: Produtividade média mensal nas células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.

Data	Mês	Prod/h*h		
		C1	C2	C3
Jul/98	1			
Ago/98	2		6,50	5,43
Set/98	3	5,83	7,03	5,93
Out/98	4	7,11	7,15	6,63
Nov/98	5	6,78	7,66	6,77
Dez/98	6	7,50	7,50	6,52
Jan/99	7			7,06
Fev/99	8		7,95	
Mar/99	9	8,16	8,59	
Abr/99	10	8,01	7,75	8,03
Mai/99	11	7,61	7,62	7,13
Jun/99	12	7,82	7,74	7,92
Jul/99	13	7,83	8,31	7,50
Ago/99	14	7,87	8,19	7,67

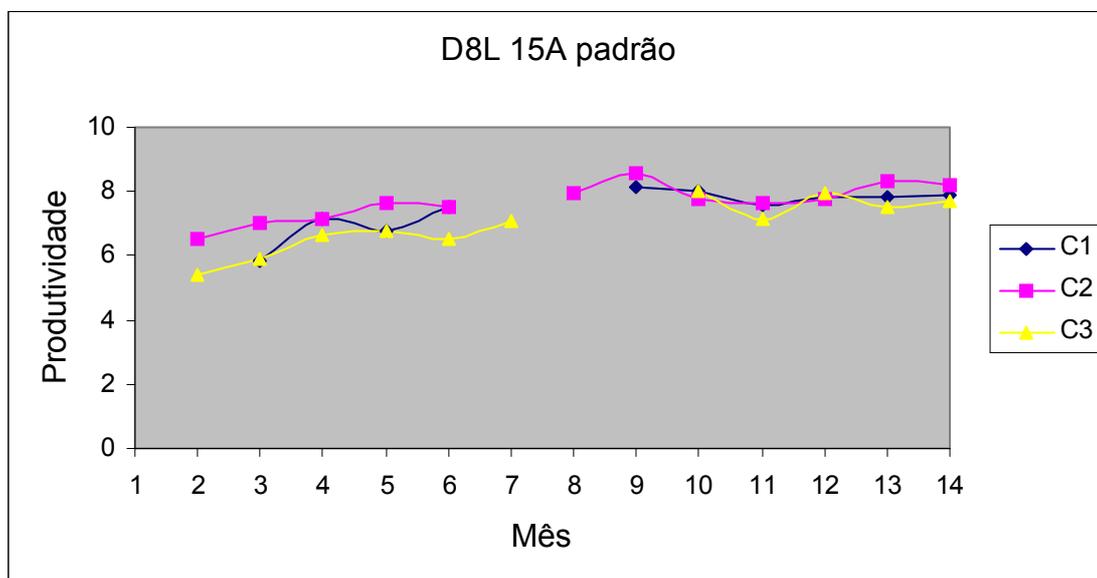


Figura 30: Produtividade média mensal das células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A com características de montagem padrão.

Segundo Novaes (1976), a aprendizagem é processo dinâmico que pressupõe tanto a aquisição de conhecimentos quanto a de habilidades e implica na modificação do comportamento. Está associada, por um lado, às sucessivas apresentações de uma situação e, por outro, aos esforços repetidos do indivíduo para satisfazer esta situação. Conforme Nagamachi (1996), a aprendizagem (aquisição e desenvolvimento de habilidades) de novas situações de trabalho ocorre nos três primeiros meses de atividades no novo sistema.

Durante o período de coleta de dados de produtividade junto ao leiaute celular (jul/98 a ago/99), as atividades de produção foram interrompidas por horas, inclusive dias (em Quadro 11), devido a falta de componentes terceirizados e/ou para fazer retrabalho dado a problemas de funcionalidade dos componentes/conjunto medidor. Salienta-se que ao longo de todos os meses em que se observou o sistema celular houve interrupção das atividades de produção, sendo assinalados no Quadro 11 os meses mais críticos; aqueles onde a interrupção das atividades de produção foi superior a 4 vezes no mês (em nov/98, por exemplo, faltou componentes em 16 dias não consecutivos). Além disso, durante este mesmo período, os operadores das células C1, C2 e C3 trocaram 3 vezes de turno. Nos 4 primeiros meses (jul/ago/set/out/ até 15/nov/1998) trabalharam no turno normal, de 16/nov/1998 até 15/ago/1999 no turno 1, retornando ao turno normal no dia 16/ago/1999.

Também, fizeram árduas horas-extras nos meses de novembro e dezembro, especificamente, de 23/nov/98 a 23/dez/1998 das 14h:15min às 18h:00min (sem folgas no final de semana), o que corresponde 11,08 horas trabalhadas e 12 horas [8,25 horas (T1) + 3,75 (horas-extras)] dentro da empresa e, por consequência, longe da família, do lazer, etc.

Quadro 11: Meses críticos nos quais as atividades de produção no sistema celular foram interrompidas.

Meses	Atraso na entrega de componentes	Retrabalho
jul/98		
ago/98		X
set/98	X	
out/98	X	X
Nov/98	X	X
dez/98	X	
jan/99		X
fev/99		
mar/99	X	
abr/99	X	
mai/99	X	
jun/99	X	
jul/99	X	
ago/99	X	

Nesse sentido, entende-se que a interrupção das atividades normais de produção no sistema celular prejudicou o aprendizado - desenvolvimento de habilidades, formação de engramas, automatização e maximização do processamento sensorial-cognitivo-motor, à medida que os esforços não foram repetidos continuamente. Por outro lado, que as horas-extras e as alterações de turno, somadas às interrupções das atividades no sistema celular, prejudicaram o desempenho dos operadores, à medida que o desempenho do ser humano relaciona-se, entre outros, com a qualidade e quantidade de repouso e com o ritmo circadiano. Segundo Grandjean (1998) a duração de sono de uma pessoa adulta varia entre 6 a 10 horas, sendo 8 horas de descanso a média. As trocas de turno, por sua vez, implicam na adaptação do ritmo circadiano que são alterações nas funções fisiológicas num ciclo de 24 h. A cada mudança de turno, por exemplo, o organismo leva em média 3 semanas para se adaptar.

Das prescrições de Nagamachi (1996) para a evolução da aprendizagem/produktividade tem-se que:

- a) os três primeiros meses de atividades no novo sistema correspondem ao período de aquisição e desenvolvimento de habilidades, sendo que no final do 3º mês a produtividade será igual a do antigo sistema (hipótese 1);
- b) do 4º ao 7º mês a produtividade manter-se-á constante (hipótese 2);
- c) a partir do 8º mês haverá pequenos incrementos na produtividade mensal (hipótese 3);
- d) 1 ano e 5 meses após a implantação do novo sistema a produtividade será 57% superior a do antigo sistema.

Conforme Tabela 36 e Figura 29, os resultados de produtividade nas células C1, C2 e C3 para o modelo T8L 15A padrão não seguiram as prescrições de Nagamachi (1996). A célula C2 atingiu a produtividade correspondente ao antigo sistema (5,45 med/hxh) somente no 14º mês (o que deveria ter ocorrido no final do 3º mês pós-implantação) e as células C1 e C3 encontram-se, ainda, no primeiro estágio, a saber, de aquisição e desenvolvimento de habilidades. Por outro lado, conforme Tabela 37 e Figura 30, os resultados de produtividade nas células C1, C2 e C3 para o modelo D8L 15A padrão estão mais próximos das prescrições de Nagamachi (1996). A célula C2 alcançou a produtividade do antigo sistema (7,272 med/hxh) no 5º mês pós-implantação e a C1 no 6º mês, embora isso devesse ter ocorrido no final do 3º mês. A célula C3, onde os operadores dos postos integrados 1 e 2 tinham apenas 3 meses de experiência na montagem eletromecânica monofásica, para este modelo, alcançou a produtividade do antigo sistema somente no 10º mês após o início das atividades na célula. Em relação aos resultados de produtividade para os modelos D8L 15A padrão e T8L 15A padrão, reitera-se a influência da organização do trabalho do leiaute celular sobre a complexidade do produto, onde a complexidade das atividades de montagem parece diminuir o efeito da organização do trabalho.

Quanto à incidência de mesmos índices de produtividade por alguns meses consecutivos e de pequenos incrementos na produtividade mensal (sem questionar sua ocorrência no tempo), em nenhuma célula nem modelo verificou-se esta tendência. A produtividade

média mensal variou em todas as células para todos os modelos, tanto no sentido crescente quanto no decrescente.

Em relação a produtividade do novo sistema após 1 ano e 5 meses, a qual, conforme Nagamachi (1996) deverá ser 57% superior a do antigo sistema, não se pode tecer considerações à medida que o sistema celular foi observado até o 14^o mês. Contudo, frente à evolução da produtividade para o modelo D8L 15A padrão (a produtividade da célula C2, por exemplo, atualmente é 12,65% superior a do antigo sistema), acredita-se que, estando os problemas resolvidos e a situação estabilizada na empresa, a produtividade, pelo menos para este modelo, ainda aumentará, podendo chegar ao índice apontado por Nagamachi (1996). Deve ficar claro, contudo, que houve diferença de produtividade significativa para o modelo D8L 15A padrão, onde o leiaute celular mostrou-se superior ao linear, inclusive em relação aos outros dois cenários/períodos da intervenção ergonômica.

Ainda, no tocante às prescrições de Nagamachi (1996), questiona-se poder comparar os resultados obtidos com os do estudo de caso sobre o qual ele prescreveu o comportamento da produtividade, à medida que neste estudo o alargamento do trabalho decorreu da eliminação de somente 2 dos 9 postos do sistema original e, no caso da ABB, da eliminação de 7 dos 11 postos relativos ao antigo sistema. A este fato, soma-se, também, os problemas enfrentados pela empresa que prejudicaram o andamento normal das atividades no sistema celular, situação que parece não ter ocorrido no estudo de caso base por ocasião da coleta de dados de produtividade.

Capítulo 6 - Conclusões e recomendações

Os trabalhadores consideraram as mudanças ergonômicas benéficas para a sua saúde e para a melhoria das relações entre os colegas de célula. A alta administração da empresa surpreendeu-se com os resultados estando comprometida com outras melhorias ergonômicas. A experiência realizada junto ao subsetor de montagem inicial polifásica vem sendo estendida para os demais subsetores do setor de montagem eletromecânica, sendo a tecnologia, inclusive, difundida para outras unidades de negócios do grupo ABB.

As melhorias geradas pela intervenção ergonômica junto ao setor de montagem eletromecânica contribuíram para a redução do índice de distúrbios osteomusculares em membros superiores e acidentes do trabalho. As queixas e sintomas de dor relacionados com distúrbios osteomusculares em membros superiores diminuíram após a implementação do sistema de manufatura celular. Conclui-se que as condições de trabalho (conteúdo e tempo de duração das tarefas, leiaute e meios de trabalho) têm influência sobre a saúde física dos trabalhadores. A ampliação das atividades da tarefa, tempos de ciclo maiores e a adequação dos postos, ferramentas e dispositivos às características do ser humano são fatores positivos para a minimização/eliminação de injúrias.

Dos resultados dos questionários sobre o trabalho nos sistemas linear e celular tem-se que o trabalho em pequenos grupos contribuiu para melhorar as relações pessoais entre os colegas de célula. Por outro lado, ficou confirmado que determinados indivíduos não gostam de trabalhar em grupo, preferindo trabalhar sozinhos. Constatou-se, também, que a reorganização do trabalho (conteúdo das tarefas, leiaute, ritmo de produção) não conduziu a um aumento de satisfação significativo dos trabalhadores em relação às condições de trabalho na célula nem em uma redução significativa da sensação de cansaço após um dia de trabalho na célula. Quanto ao rodízio, verificou-se a tendência dos operadores da montagem eletromecânica perceberem-o como benéfico para a sua saúde física e mental. Também, parece que a maioria dos indivíduos que preferem o trabalho em linha tendem a não se interessar pelo rodízio.

Em relação ao aprendizado, constatou-se que a ampliação da tarefa com habilidades similares (no caso, motoras e cognitivas) não implica em dificuldades de aprendizado e que trabalhadores com anos de experiência anterior em habilidades similares às implicadas na nova situação de trabalho apresentam melhor desempenho que funcionários novos, com

pouca experiência. Também, que a interrupção das atividades de produção parece prejudicar o aprendizado e que horas-extras e alterações de turno, somadas às interrupções das atividades, o desempenho dos operadores.

Dos resultados de produtividade, para todos os modelos, a atividade física laboral por 10 min durante a jornada de trabalho não aumentou a produtividade. Por outro lado, os resultados para o modelo D8L 15A padrão confirmam que melhorias no ambiente físico de trabalho têm influência positiva sobre a produtividade.

Para o modelo T8L 15A padrão não houve diferença significativa de produtividade entre os períodos da intervenção ergonômica. Para o D8L 15A padrão, os incrementos de produtividade foram significativos, dos quais se destaca o relativo ao sistema celular. Uma provável justificativa para este fato pode residir na influência da organização do trabalho do leiaute celular sobre a complexidade do produto, onde a complexidade das atividades da montagem diminui o efeito da organização do trabalho.

Considerando-se os resultados relacionados com a saúde dos trabalhadores, os fatores físicos, individuais e/ou subjetivos e a produtividade, pode-se afirmar que a consideração dos aspectos micro e macro da ergonomia nas questões da produção reverte problemas nas empresas e os benefícios são mútuos para os sistemas humano e produtivo.

A abordagem participativa, onde os operadores da montagem inicial polifásica, integrantes do COERGO (engenheiros de produção e de processo e médico do trabalho, em especial) e funcionários de diferentes áreas da empresa participam do levantamento de problemas, proposição e validação de soluções, facilitou a identificação/correção dos problemas e a implementação das modificações propostas. Da mesma forma, contribuiu no sentido dos funcionários sentirem-se comprometidos com a nova forma de organização do trabalho e responsáveis pelo mobiliário e meios de trabalho de sua célula. Também, para estimular o trabalho em equipe e o exercício da multidisciplinaridade entre funcionários de diferentes áreas e níveis dentro da organização e para a transferência de conhecimentos, no caso de ergonomia. Sob este aspecto, faz-se pertinente salientar que os próprios operadores vêm otimizando o mobiliário e os meios de trabalho utilizados na célula, embora segundo os aspectos micro da ergonomia, e um engenheiro de processo, que participou de todas as etapas da intervenção ergonômica, vem procedendo melhorias ergonômicas em outros subsectores de produção, considerando, também, os aspectos macro da ergonomia.

Em relação aos integrantes do COERGO, em particular, ficou claro que aqueles que ocupam cargos superiores na organização (no caso, gerências) têm influência sobre o processo de tomada de decisão na priorização e viabilização das soluções propostas. Constatou-se, também, que há o surgimento de um líder natural no grupo e que a percepção/entendimento da ergonomia e da abordagem de trabalho proposta (no caso, a macroergonomia) deste líder tem influência sobre as atitudes/atividades do COERGO. Ainda, que um programa de ergonomia não pode se sustentar apenas, na figura deste líder. Para ser efetivo precisa, antes de tudo, ser um compromisso de toda empresa.

Como decorrência dos trabalhos realizados pela equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS junto à empresa, as questões ergonômicas integram a cultura da empresa. Há que se esclarecer, contudo, que a prática da ergonomia dá-se segundo duas vertentes, uma, conforme a abordagem ergonômica proposta por Guimarães (2000) e outra mais pontual, desconectada do todo, dada a percepção de ergonomia do COERGO atual. No tocante ao reprojeto ou projeto de postos e meios de trabalho, por exemplo, os aspectos micro e macro da ergonomia são requisitos de projeto, sendo, inclusive, motivadores destes processos. Da mesma forma, para o reprojeto e projeto de novos componentes e medidores (porém em menor intensidade), onde o medidor mais simples disponibilizado pela empresa (monofásico M8C), foi reprojetoado e está sendo fabricado.

Durante a realização do estudo de caso, percebeu-se que determinados operadores quando do trabalho no sistema celular mostraram-se insatisfeitos e infelizes. Diante disso, considera-se interessante identificar características do ser humano (se é que existem) que predisõem determinados indivíduos para trabalhos que implicam em atividades em grupos, novos aprendizados e exercício de rodízio. Igualmente, verificar se existe correlação entre rodízio e sistema celular ou não fazer rodízio e sistema linear. Da mesma forma, considerando-se o estudo de caso 2 apresentado no capítulo 2 deste trabalho, que dispõe sobre a ampliação das atividades da tarefa de montagem de automóveis, identificar uma faixa que mantenha as condições de conforto e de segurança para a ampliação das atividades da tarefa, dispondo de elementos sobre o conteúdo das tarefas - número de operações e número de habilidades envolvidas, tempo de duração da tarefa, por exemplo, dado o tipo de trabalho.

Por outro lado, considerando-se que não foi possível realizar a coleta de dados relativos à retrabalho e à desperdício de material, sugere-se que outros trabalhos, abordando esta

mesma temática, sejam desenvolvidos para se verificar a influência da organização do trabalho sobre estes aspectos.

Referências Bibliográficas

- Black, J. B. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- Boucher, T. O. *Adam Smith and the Humanists: an Enquiry into the Productivity of Labor Controversy*. **IIE Transactions**. v. 20, n. 1, p. 73 - 82, mar.1998.
- Fogliatto, F. S.; Guimarães, L. B. de M. *Design Macroergonômico: uma proposta metodológica para projeto de produto*. **Produto & Produção**, Porto Alegre: v. 3, n. 3, p.1-15, out. 1999.
- Ghinato, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente *Just-in-time***. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- Gibbons, J.D.; Chakraborti, S. *Nonparametric Statistical*. In: **Nonparametric Statistical Inference**. 3. ed. New York: Marcel Dekker, 1992. cap. 13, p. 820 - 822.
- Grandjean, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- Guimarães, L. B. de M. Ergonomia: Introdução; O Ser Humano. In: Guimarães. **Ergonomia de Processo 1**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998]. cap. 1 e 2.
- Guimarães, L. B. de M. Formação do Conhecimento: Memória e Atenção. In: Guimarães. **Ergonomia de Processo 2**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1999]. cap.2.2.
- Guimarães, L. B. de M. Abordagem Ergonômica: o Método Macro. In: Guimarães. **Ergonomia de Processo**. 3. ed. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 2000]. cap. 1.1. v. 1.
- Guimarães, L. B. et. al. Intervenção Macroergonômica em Empresa do Setor Eletromecânico: um estudo de produtividade. In: Encontro África-Brasil de Ergonomia, 1; Congresso Latino-Americano de Ergonomia, 5; Congresso Brasileiro de Ergonomia, 9; Seminário de Ergonomia da Bahia, 3, 1999, Salvador. Salvador: ABERGO99, hp. 151.pdf.
- Hall, E. T. **A Dimensão Oculta**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- Hendrick, H. W. *Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life*. In: Congresso Latino Americano, 2; Seminário Brasileiro de Ergonomia, 6, 1993, Florianópolis. Florianópolis: ABERGO93, p. 39 – 58.
- Iida, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

- Instituto Nacional de Tecnologia (INT). **Pesquisa Antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria da Transformação - RJ**. Rio de Janeiro: INT, 1988. v 1.
- Moraes, A.; Mont'Alvão, C. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- Nagamachi, M. *Relationship between Job Design, Macroergonomics, and Productivity*. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**. New York: John Willey. v. 6, n. 4, p. 309-322, summer 1996.
- Novais, M. H. **Psicologia Escolar**. 4. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1976.
- Panero, J.; Zelnik, M. **Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores - Estándares Antropométricos**. 4. ed. México: G.Gili, 1993.
- Ribeiro, J. L. D. Comparação de Vários Grupos. In: Ribeiro. **Projeto de Experimentos**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998]. cap. 2, p. 17 – 26.
- Silveira, G. **Layout e Manufatura Celular**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998].
- Silverstein, B. A.; Fine, L. J; Armstrong, T. J. *Occupational Factors and Carpal Tunnel Syndrome*. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 11, p. 343 – 358, 1987.
- Shigeo, S. **O Sistema Toyota de Produção: do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- Wickens, C. *Engineering Psychology and Human Performance*. In: Boston: Scott, Foresman, 1984. p.218 221.
- Wisner, A. **Por dentro do Trabalho: Ergonomia: Método & Técnica**. São Paulo: Oboré, 1987.
- Uzumeri, M., Nembhard, D. *A Population of Learners: a New Way to Measure Organizational Learning*. **Journal of Operations Management**, v. 16, p. 515 - 528, 1998.

Glossário

A fim de evitar dúvidas de nomenclatura, a seguir, apresenta-se a definição de termos de produção e de ergonomia adotados neste trabalho, segundo ordem alfabética.

Atividade: “é caracterizada pelo comportamento do trabalhador no seu local de trabalho. Compreende o conjunto de operações, ações, que o trabalhador realiza para desempenhar a sua tarefa” (Guimarães, 2000).

Comportamento do trabalhador: por comportamento compreendem-se “(...) posturas, exploração visual/tomada de informação, manipulação acional, deslocamentos, comunicações” (Moraes e Mont’Alvão, 1998).

Ferramentas: “Os implementos utilizados para fixar, cortar, moldar ou conformar materiais de trabalho; (...); podem referir-se a *acessórios* e *instalações* utilizadas para fixação das peças (...)” (Black, 1998).

Meios de trabalho: são os recursos disponibilizados para a realização da tarefa, tais como componentes, ferramentas, lista de operações (Moraes e Mont’Alvão, 1998). Salienta-se, contudo que, neste trabalho por meios de trabalho compreendem-se, somente, ferramentas, dispositivos de apoio à montagem e para testes e equipamentos.

Observação: “(...) significa aplicar os sentidos a fim de obter uma determinada informação sobre algum aspecto da realidade” (Moraes e Mont’Alvão, 1998).

Observação assistemática: a observação assistemática caracteriza-se pela inexistência de um planejamento prévio quanto aos fenômenos que serão observados, instrumentos necessários para a coleta de dados e tipo de registro destes dados. Os fenômenos registrados na observação assistemática ocorrem de modo imprevisto, causal, o que, por sua vez, requer que o investigador fique atento a cada momento durante a observação (Moraes e Mont’Alvão, 1998). Geralmente, a observação assistemática é direta, ou seja, os sentidos são aplicados diretamente sobre o que se deseja observar, sendo realizada no próprio local de trabalho (de pesquisa).

Observação sistemática: a observação sistemática caracteriza-se pela existência de um planejamento prévio sobre o que irá se observar, igualmente, sobre quais recursos serão necessários e a forma pela qual as informações serão registradas. Ou seja, na observação

sistemática o investigador sabe, antecipadamente, que fenômenos irá observar. A observação sistemática subdivide-se em observação direta e observação indireta. Na observação direta, os sentidos são aplicados diretamente sobre o que se deseja observar. Na indireta, utilizam-se instrumentos para se obter a informação. Deve ficar claro que a diferença entre estes dois tipos de observação “(...) não reside no uso de instrumentos, mas no fato de a obtenção da informação depender ou não de uma interferência” (Moraes e Mont’Alvão, 1998).

Operação: “Uma ação ou tratamento específico, o conjunto do qual é composta a tarefa do operador” (Black, 1998).

Operações principais: “as operações principais são aquelas operações úteis que são repetidas para cada item (Shingo, 1996)”. Elas podem ser subdivididas em operações essenciais e operações auxiliares. As operações essenciais são as de direta transformação; em relação ao processo, são as únicas que desempenham as funções de processamento. As operações auxiliares são complementares às operações essenciais. Conforme Ghinato (1996), são executadas imediatamente após ou anterior às operações principais.

Processo: “Um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí produto acabado. (...) é efetivado através de uma série de operações” (Shingo, 1996).

Processo de manufatura: “Um equipamento específico projetado para realizar processos específicos; muitas vezes chamado de máquina-ferramenta; (...)” (Black, 1998).

Sistema de manufatura: “Um sistema de manufatura é uma coleção ou arranjo de operações e processos para fabricar um determinado produto ou componente. O sistema de manufatura inclui os equipamentos existentes que compõem os processos e o arranjo destes processos”. (...). “Uma série de processos de fabricação resultando em produtos finais específicos; o arranjo ou o *layout* para todos os processos, equipamentos e pessoas.” Por exemplo: “séries de operações ou processos conectados; um sistema de *layout* funcional (*job shop*), em linha (*flow shop*), de posição fixa (*project shop*), de processo contínuo, ou de células interligadas” (Black, 1998).

Sistema produtivo: “Um sistema produtivo inclui pessoas, dinheiro, equipamento, materiais e suprimentos, mercados, administração e o sistema de manufatura. De fato,

todos os aspectos comerciais (fabricação, vendas, propagandas, lucro e distribuição) são envolvidos” (...).“A empresa inteira; todos aspectos de pessoal, máquinas, materiais e informações, considerados coletivamente” (Black, 1998). Salienta-se que, neste trabalho, por sistema produtivo, compreende-se, também, a instalação/construção predial, na qual o sistema está inserido.

Tarefa: (...) “é o **objetivo** a atingir, o resultado a obter”(Laville, 1986 apud Moraes e Mont’Alvão, 1998). “Um conjunto ou seqüência de operações realizadas em máquinas, ou um conjunto de tarefas realizadas por um trabalhador em uma posição numa linha de montagem” (Black, 1998).

Trabalho prescrito: “(...) a expressão trabalho prescrito implica as máquinas e os procedimentos que supõem, oficialmente, definir e regular o trabalho” (Montmollin, 1996 apud Moraes e Mont’Alvão, 1998). Ou seja, o trabalho prescrito corresponde ao trabalho teórico; dispõe dos processos, operações, seqüenciamentos, tempos, lista de ferramentas e de componentes, etc. Geralmente é elaborado pelo corpo técnico da empresa ou recursos humanos.

Trabalho descrito: por trabalho descrito ou trabalho real “(...) entende-se o que se passa efetivamente na oficina ou no escritório, ao longo dos dias e das noites, nas condições locais, ambientais, operacionais e organizacionais” (Montmollin, 1996 apud Moraes e Mont’Alvão, 1998). Ou seja, corresponde a rotina do trabalhador no local de trabalho, face aos constrangimentos impostos pela tarefa, meios de trabalho e ambiente físico e psicossocial, imprevistos e gratificações da organização, por exemplo.

Verbalização: a verbalização consiste no relato das atividades da tarefa pelo operador. É uma técnica de grande utilidade para a ergonomia, especialmente quando da análise da tarefa. Através do depoimento do trabalhador, o ergonomista procura “(...) compreender seu *modus operandi*, face às restrições do sistema, aos constrangimentos da tarefa e à sua experiência e competência” (Moraes e Mont’Alvão, 1998).

Anexo 1 - Informações e dados coletados durante a apreciação ergonômica

Neste Anexo 1 dispõe-se das informações e dos dados coletados durante a apreciação ergonômica, primeira etapa da intervenção macroergonômica, realizada nos subsetores de montagem inicial polifásica e pré-calibração polifásica.

No Quadro 12 estão listados os componentes implicados na montagem inicial polifásica, relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características padrão.

Quadro 12: Lista dos componentes implicados na montagem inicial polifásica relativos aos medidores D8L 15A e T8L 15A com características padrão.

Lista de componentes
Armação
Blindagem (só vai T8L)
Eletroímã de corrente
Eletroímã de tensão
Gancho da base
Bloco
Ponte amperimétrica (ou de neutro)
Placa de ligação
Freio
Conjunto rotor
Suspensão superior
Suspensão inferior
Adaptador
Parafusos

No Quadro 13 dispõe-se das ferramentas e dispositivos manuseados junto à linha de montagem inicial polifásica.

Quadro 13: Ferramentas e dispositivos manuseados junto à linha de montagem inicial polifásica.

Ferramentas e dispositivos
Chave de fenda manual
Alicate manual
Aparafusadeira pneumática
Alicate pneumático
Pistola de ar comprimido
Dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente
Dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de tensão
Dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor
Dispositivo de teste de dielétrico
Dispositivo de teste de ligações

Na Tabela 38 apresenta-se as operações principais nos postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG (referido neste trabalho por posto11) e respectivos tempos para os medidores D8L 15A e T8L 15A com características de montagem padrão.

Tabela 38: Operações principais nos postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG e respectivos tempos para os medidores D8L 15A e T8L 15A padrão.

Posto	Operações principais	D8L 15A (min)	T8L 15A (min)
1	1 Montar e fixar eletroímãs de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na armação	0,708	0,9648
2	1 Se trifásico, montar e fixar blindagem e eletroímã de tensão de 2ª fase na armação 2 Montar e fixar gancho da base 3 Montar e fixar conjunto armação na base	0,6618	0,9378
3	1 Montar 01 parafuso de fixação do registrador (direita) 2 Montar e fixar eletroímãs de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª e 1ª fase, mais blindagens de 3ª e 1ª fase) na armação	0,6486	0,6486
4	1 Calibrar (manual) eletroímãs de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) 2 Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase,	0,7940	0,9434

	trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e montar ponte de neutro		
5	1 Posicionar e encaixar ponte de neutro e terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) no bloco 2 Encaixar e fixar bloco na base	0,7516	0,9276
6	1 Montar 01 parafuso de fixação do registrador (esquerda) 2 Montar e fixar parafusos dos terminais de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase - 12 parafusos, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase - 16 parafusos)	0,7940	1,0038
7	1 Montar parafusos das suspensões superior (01) e inferior (01) 2 Posicionar e conectar cabos de corrente (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na placa de ligação 3 Limpar medidor	0,8030	1,0045
8	1 Montar 01 parafuso de fixação da placa de ligação na armação 2 Montar e fixar suspensão superior, conjunto rotor e suspensão inferior 3 Testar dieleto 4 Colocar número de identificação	0,8010	0,9384
9	1 Montar e fixar conjunto freio e adaptador 2 Posicionar conjunto no dispositivo e centrar rotor (retirar conjunto do dispositivo) 3 Marcar quantidade produzida no relatório de produção e perdas	0,7548	0,7548
10	1 Posicionar e conectar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) na placa de ligação 2 Posicionar cabos de tensão (bifásico: 3ª e 1ª fase, trifásico: 3ª, 1ª e 2ª fase) e fixar placa de ligação na armação 3 Testar ligações (bifásico: 02 eletroímãs de corrente e 02 de tensão; trifásico: 03 eletroímãs de corrente e 03 de tensão)	0,7938	1,008
11	1 Desmagnetizar conjunto freio magnético	0,8100	0,8100
	TTO	8,3206	9,9417

- Produtividade (pçs/hxh) em 1 hora trabalhada (teórica) = 6,734 med/hxh (D8L 15A padrão) e 5,43 med/hxh (T8L 15A padrão).

- Produtividade (pçs/hxh) em 1 hora trabalhada (tempo real) = 7,27 med/hxh (D8L 15A padrão) e 5,45 med/hxh (T8L 15A padrão).

A seguir, apresenta-se a descrição das atividades da tarefa nos 10 postos da linha de montagem inicial polifásica e junto ao equipamento DEMAG (referido neste trabalho por posto 11).

Posto 1

- 1 pegar armação (E);
- 2 colocar 1 parafuso (de espera) para a suspensão superior (D);
- 3 colocar armação no dispositivo (D e E);
- 4 posicionar dispositivo (D);
- 5 colocar eletroímã de corrente de 3ª fase;
- 6 fixar eletroímã de corrente de 3ª fase com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 7 girar dispositivo 90° para trás;
- 8 colocar eletroímã de corrente de 1ª fase;
- 9 fixar eletroímã de corrente de 1ª fase com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 10 girar dispositivo 90° para trás;
- 11 colocar eletroímã de corrente de 2ª fase;
- 12 fixar eletroímã de corrente de 2ª fase com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 13 retirar conjunto armação do dispositivo (D e E);
- 14 colocar blindagem magnética para a 2ª fase de tensão;
- 15 empurrar conjunto armação para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 2

- 1 pegar base (D);
- 2 posicionar gancho atrás da base;
- 3 fixar gancho com 1 parafuso - aparafusadeira pneumática (D);
- 4 pegar conjunto armação (posto 1) (E) e eletroímã de tensão de 2ª fase (D) (localizada na frente do operador);
- 5 posicionar eletroímã de tensão de 2ª fase na base no conjunto armação;
- 6 fixar eletroímã de tensão de 2ª fase com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 7 pegar base (D);
- 8 posicionar conjunto armação mais eletroímã de tensão de 2ª fase na base;
- 9 fixar conjunto armação mais eletroímã de tensão de 2ª fase na base com 3 parafusos m 4 - aparafusadeira pneumática (D);
- 10 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 3

- 1 pegar conjunto base e armação (E);
- 2 colocar conjunto base e armação no dispositivo (D e E);
- 3 colocar 2 parafusos no registrador;
- 4 girar dispositivo 90° - sentido horário (D);
- 5 colocar blindagem de 3ª fase;
- 6 pegar eletroímã de tensão de 3ª fase (D) e coloca-a dentro da armação;

- 7 fixar eletroímã de tensão de 3ª fase à armação com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 8 girar dispositivo 180° - sentido anti-horário (D);
- 9 colocar blindagem de 1ª fase;
- 10 pegar eletroímã de tensão de 1ª fase (D) e coloca-a dentro da armação;
- 11 fixar eletroímã de tensão de 1ª fase à armação com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 12 girar dispositivo 90° - sentido horário (D);
- 13 retirar o conjunto do dispositivo (para tal, com as duas mãos comprime as molas do dispositivo);
- 14 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 4

- 1 pegar conjunto (E);
- 2 posicionar cabos de tensão (D e E);
- 3 pegar ponte amperimétrica(D);
- 4 pegar parafuso m 2.5 (E);
- 5 fixar cabos de tensão na ponte com 1 parafuso m 2,5 - aparafusadeira pneumática (D);
- 6 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 5

- 1 pegar conjunto (E);

- 2 pegar bloco (D);
- 3 colocar ponte dentro do bloco;
- 4 encaixar terminais do eletroímã de corrente no bloco;
- 5 fixar bloco à base com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (**tipo revólver**. É a única entre os 10 postos) (D);
- 6 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 6

- 1 pegar conjunto (E);
- 2 pegar 16 parafusos m6 (D);
- 3 colocar 16 parafusos aos pares (1 à esquerda e um à direita paralelamente) no bloco (D e E);
- 4 fixar 16 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);
- 5 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 7

- 1 pegar conjunto (E);
- 2 pegar conjunto placa de ligação (E);
- 3 posicionar os 3 cabos de corrente dentro do conjunto placa de ligação (D);
- 4 pegar alicate pneumático (D) e gripa os terminais dos cabos de corrente;
- 5 colocar 1 parafuso na placa de ligação e 1 parafuso na suspensão inferior;
- 6 segurar medidor semi-montado (E) e passa jato de ar comprimido (D) **ou**

6 colocar medidor semi-montado (D e E) na máquina de ar comprimido;

7 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 8

1 pegar conjunto (E);

2 colocar suspensão superior e suspensão inferior no conjunto armação (D);

3 pegar conjunto rotor (E) e coloca-o entre as suspensões superior e inferior;

4 testar dieletro (D e E);

5 colocar etiqueta código de barras;

6 empurrar conjunto para o posto seguinte (D - movimento na lateral).

Posto 9

1 pegar conjunto (E)

2 aproximar suspensões superior e inferior;

3 centralizar o disco;

4 fixar conjunto porta-ímã (é o freio) no conjunto com 3 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);

5 fixar conjunto adaptador no conjunto com 2 parafusos - aparafusadeira pneumática (D);

5 levantar medidor semi-montado (D e E) e fixa-o no suporte vertical;

6 realizar a centragem do disco com chave de fenda *philips* manualmente;

- 7 retirar medidor semi-montado do suporte vertical (D e E);
- 8 empurrar medidor semi-montado para o posto seguinte (D - movimento na lateral);
- 9 preencher 'Relatório de Produção e Perdas' (este situa-se na vertical, à esquerda do posto);

Posto 10

- 1 pegar conjunto (E);
- 2 pegar cabos de tensão (D e E);
- 3 pegar alicate pneumático (D) e gripa os terminais dos cabos de tensão na placa de ligações;
- 4 fixar placa de ligações na armação com 1 parafuso - aparafusadeira pneumática (D);
- 5 colocar medidor no dispositivo (D e E) e testa a continuidade (Este teste verifica as 3 fases. Com a E pega a eletroímã do dispositivo e a encosta na eletroímã de tensão do medidor. Paralelamente, com a D encosta o pino de contato do dispositivo na ponte do medidor. Durante este processo, se houver a emissão de um sinal sonoro (apito) tem-se que o medidor está com a corrente invertida.);
- 6 levantar medidor (D e E) para a leitura do código de barras;
- 7 colocar medidor no carrinho ou em uma bandeja (quando há 6 medidores nesta bandeja o funcionário carrega-a até o subsetor seguinte).

Posto 11

- 1 pegar medidor e posiciona-o na área útil para trabalho da DEMAG (D e E);
- 2 passar limalha no freio (D e E);
- 3 pegar "marciano", aciona botão e desmagnetiza o freio (D e E);

4 colocar "marciano" no apoio e desliga botão;

5 retirar medidor da DEMAG (D e E) e coloca na bandeja.

Anexo 2 - Categorização dos problemas ergonômicos

Nos Quadros 14 e 15 apresenta-se a categorização dos problemas ergonômicos da linha de montagem inicial polifásica e pré-calibração polifásica, conforme proposto por Moraes (1998).

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Interficiais						
Apoio para os pés	Fornecer apoio para os pés que possibilite uma boa acomodação e apoio dos membros inferiores (pernas e pés)	Adoção de posturas desconfortáveis	Cansaço Fadiga e dor nas pernas	Dimensões do apoio para os pés vigente e inexistência de regulagens (vertical, horizontal e de inclinação)	Projetar apoio para os pés que atenda as necessidades de 90% da população	Reprojeto dos postos de trabalho Custo
Postura de trabalho	Permitir a alternância de postura durante o trabalho	Necessidade de permanecer na mesma postura (sentado) durante toda jornada de trabalho	Cansaço Fadiga muscular	Altura da bancada de trabalho dos postos da linha de montagem	Projetar altura de bancada que possibilite a realização do trabalho, de 90% da população, nas posturas em pé, sentado ou pé/sentado Disponibilizar assento adequado	Reprojeto dos postos de trabalho Custo
Posição dos componentes nos postos de trabalho	Desobstruir área útil para o trabalho Facilitar o acesso e pegada dos componentes	Realizar as atividades em área reduzida dado a existência de componentes sobre a área útil para o trabalho Adoção de posturas e movimentos desconfortáveis e prejudiciais ao sistema músculo esquelético (flexão e giro do tronco) quando da pegada de alguns componentes	Irritabilidade Dor Comprometimento do sistema músculo esquelético	Posição dos componentes nos postos (sobre a bancada, inclusive sobre a área útil para o trabalho, no entorno e no chão)	Priorizar a alocação dos componentes na área proximal (na impossibilidade desta, optar pela área distal), excedente à área útil para o trabalho, em respeito a seqüência de montagem do produto e fluxo de produção	Realocar componentes nos postos de trabalho com possibilidade de reprojeto de alguns postos de trabalho

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Acionais						
Dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor	Facilitar a operação de centrar o rotor sem comprometer a qualidade do produto e o sistema músculo esquelético	Adoção de posturas e movimentos críticos (braço elevado acima do nível do ombro e fora da linha neutra; giro do cotovelo; desvio ulnar do punho; extensão da cabeça) precipitadoras de DORT's	Fadiga Dor Comprometimento do sistema músculo-esquelético	Processo de centragem imposto pelas necessidades e exigências do produto Dimensões do dispositivo de apoio à centragem do conjunto rotor e inexistência de regulagens	Disponibilizar sistema computadorizado para a centragem do conjunto rotor Reprojetar dispositivo de apoio à centragem	Viabilidade técnica Custo
Dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de tensão	Facilitar a montagem sem comprometer a qualidade do produto e o sistema músculo esquelético	Adoção de posturas e movimentos críticos (giro do cotovelo, adução/abdução do braço) associados a uso de força precipitadores de DORTs	Fadiga Dor Comprometimento do sistema músculo esquelético	Processo de montagem imposto pelas características, necessidades e exigências do componente Dimensões e morfologia do dispositivo de apoio à montagem das eletroímã de tensão	Reprojetar componente Reprojetar dispositivo de apoio à montagem	Viabilidade técnica Custo
Instrumentais						
Contenedores de componentes	Fornecer contenedores adequados às características e demandas de montagem dos componentes	Necessidade de improvisar contenedores (por ex. copos plásticos, caixinhas de papel)	Irritabilidade Insatisfação em relação ao posto de trabalho e à organização	Deficiência no planejamento dos contenedores de componentes	Fornecer contenedores adequados às dimensões e morfologia dos componentes e com capacidade (volume) para atender, em média, 1 hora de montagem	Custo
Prateleiras/suportes para os contenedores	Fornecer prateleiras adequadas aos contenedores	Necessidade de improvisar suportes para os contenedores (dispô-los sobre caixas, no chão)	Irritabilidade Insatisfação em relação ao posto de trabalho e à organização	Deficiência de planejamento de prateleiras/suportes para os contenedores	Disponibilizar prateleiras/ suportes para os contenedores	Custo

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Instrumentais						
Seqüência da disposição dos componentes nos postos de trabalho	Facilitar a memorização e automatização da seqüência das operações Agilizar a tomada de decisão (depois do componente X montase o Y que está ao seu lado) vistas ao ritmo da produção	Necessidade de manter-se atento Interrupção das atividades de produção no caso de pegada de componentes apreendidos equivocadamente	Irritabilidade Dificuldade no aprendizado Fadiga mental	Ausência de logística na alocação dos componentes em alguns postos de trabalho	Alocar os componentes nos postos segundo a seqüência de montagem do produto e fluxo de produção	Realocação dos componentes nos postos de trabalho com possibilidade de reprojeção de alguns postos de trabalho
Movimentacionais						
Transporte do produto semi-montado entre postos	Minimizar/eliminar o levantamento/transporte e do produto semi-montado (peso) entre postos	Necessidade de levantar/transportar peso associado a posturas e movimentos críticos (flexão de punho, braço fora da linha neutra adução/abdução do braço) precipitadores de DORTs.	Fadiga no braço Comprometimento do sistema músculo-esquelético	Área de estoque de material em processo inadequada (bancada plana, com beirais de 1,5 cm de altura nas 4 arestas)	Disponibilizar esteira mecanizada, na mesma altura da bancada Acoplar roletes, na mesma altura da bancada de trabalho, nas áreas entre postos	Custo Reprojeção das áreas de estoque de material em processo
De acessibilidade						
Posição dos componentes e dos meios de trabalho nos postos	Tornar a área de trabalho desobstruída Favorecer a adoção de posturas adequadas quando da aquisição dos componentes e meios de trabalho	Necessidade de trabalhar em área útil para o trabalho reduzida Adoção de posturas inadequadas (flexão da coluna, braços fora da linha neutra)	Irritabilidade	Planejamento deficiente no tocante à posição dos componentes e dos meios de trabalho nos postos	Posicionar componentes e meios de trabalho em respeito às necessidades da área útil para o trabalho e às distâncias proximal e distal	Reprojeção da área útil para o trabalho e realização dos componentes e meios de trabalho nos postos

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Espaciais/ Arquiteturais						
Estética dos postos de trabalho	Tornar o posto de trabalho agradável Gerar um sentimento de zelo pelo posto de trabalho	Trabalhar num posto de trabalho arcaico, riscado, etc, sem manutenção	Desgosto em relação ao posto de trabalho e à organização	Despreocupação com aspectos estéticos e respectivo reflexo psicológico	Estabelecer manutenção permanente Utilizar cor adequada - conforto visual e sensação de limpeza Conferir configuração moderna aos postos de trabalho, simples e adequada às necessidades e exigências da tarefa	Custo Reprojeto dos postos de trabalho
Físico-ambientais						
Climatização	Proporcionar temperaturas agradáveis nas 4 estações do ano	Desconforto térmico associado a sensações térmicas extremas no inverno e no verão (frio e calor respectivamente)	Inverno: temperaturas baixas contribui/precipitam lesões osteo-ligamentares, gripes e pneumonias Verão: trabalho sob temperaturas elevadas gera maior desgaste (sudorese excessiva), cansaço e fadiga	Inexistência de climatização do ambiente físico de trabalho	Disponibilizar sistema de climatização	Custo
Acidentários						
Material utilizado na bancada dos postos de trabalho (chapas metálicas)	Disponibilizar bancada de trabalho segura contra choques elétricos	Necessidade de manter-se atento para não receber choque elétrico quando de operações de teste	Choques elétricos Desgosto em relação ao trabalho e à organização	Material utilizado na bancada dos postos de trabalho, a saber, chapa metálica	Utilizar material isolante elétrico nas bancadas dos postos de trabalho (madeira, por exemplo) Aterrar postos de trabalho Treinar funcionários	Reprojeto dos postos de trabalho Viabilidade técnica Disponibilidade de tempo

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Acidentários						
Material utilizado em alguns contenedores de componentes	Disponibilizar contenedores, cujo material seja isento de condutividade elétrica	Necessidade de manter-se atento para não receber choque elétrico quando de operações de teste	Choques elétricos Desgosto em relação ao trabalho e à organização	Uso de (alguns) contenedores metálicos	Substituir contenedores metálicos por contenedores plásticos	Custo
Arestas da bancada dos postos de trabalho	Eliminar bordas espessas (laminares) e cantos vivos na bancada de trabalho	Necessidade de manter-se atento para não se machucar durante o trabalho	Batidas Hematomas	Conformação/acabamento das arestas da bancada de trabalho	Disponibilizar bancada com arestas arredondadas (boleado) e sem cantos vivos	Reprojeto dos postos de trabalho Custo
Operacionais						
Repetitividade de mesmos movimentos para a realização das atividades da tarefa em tempos reduzidos	Diminuir a frequência de utilização de mesmos movimentos para a realização das atividades da tarefa	Necessidade de superação física para manter a produtividade	Cansaço Fadiga muscular Dor DORT	Projeto do trabalho	Enriquecer e alargar a tarefa a cargo de cada operador Estabelecer rodízio dos operadores entre postos de trabalho distintos Conceder pausas pequenas e frequentes ao longo do dia de trabalho	Reprojeto do trabalho
Monotonia	Estimular a ativação cerebral	Esforço mental para manter-se produtivo (acordado) durante o trabalho	Fadiga mental Insatisfação em relação ao trabalho Desânimo	Projeto do trabalho	Ampliar e, principalmente, enriquecer as atividades da tarefa a cargo de cada operador	Reprojeto do trabalho
Ritmo de trabalho / pressão para produção	Eliminar a formação de estoques (produtos semi-montados) entre postos	Necessidade de superação física para manter um ritmo de produção intenso Sensação de impotência	Fadiga Estresse Ansiedade	Ritmo de trabalho imposto através da formação de estoques de material em processo entre postos (pressão psicológica)	Balancear o tempo de ciclo entre postos	Reprojeto do trabalho

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Organizacionais						
Parcelamento do trabalho	Ampliar o trabalho a cargo de cada operador	Desconhecer todas operações e processos de fabricação do produto (desconhecer o todo)	Monotonia Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Projeto do trabalho	Enriquecer e alargar as atividades da tarefa a cargo de cada operador Tornar os funcionários polivalentes	Reprojeto do trabalho Treinamento
Responsabilidade e autonomia	Delegar responsabilidades e autonomia aos funcionários	Não dispor de responsabilidades e autonomia sobre o próprio trabalho	Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Projeto do trabalho	Enriquecer o trabalho com atividades que demandem responsabilidade Conceder autonomia para os funcionários comandarem o seu trabalho	Reprojeto do trabalho
Participação dos funcionários	Conceder a oportunidade de os funcionários participarem das decisões relacionadas com o seu trabalho Estimular a participação dos funcionários	Não ter a oportunidade de opinar, melhorar e comandar o seu trabalho	Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Inexistência de uma gestão participativa, desconsiderando opiniões e sugestões dos funcionários	Grupos de CCQ	Disponibilidade de tempo
Instrucionais						
Posturas e movimentos adotados	Adotar posturas e movimentos adequados, do ponto de vista da biomecânica ocupacional, durante a realização das atividades da tarefa	Adoção de posturas e movimentos inadequados e prejudiciais ao sistema músculo esquelético durante a realização das atividades da tarefa	Cansaço Dor e fadiga muscular Comprometimento do sistema músculo esquelético	Ausência de treinamento dos funcionários quanto as posturas e movimentos assumidos durante a realização da tarefa	Promover treinamento em ergonomia	Disponibilidade de tempo

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Interfaciais						
Postura de trabalho	Permitir a alternância de postura durante o trabalho	Necessidade de permanecer na mesma postura (em pé) durante o trabalho	Cansaço Fadiga muscular	Altura da área de trabalho do equipamento DEMAG	Adequar a altura de trabalho do equipamento DEMAG às características antropométricas de 90% da população e que possibilite a realização do trabalho nas posturas em pé, sentado ou pé/sentado Disponibilizar assento	Reprojeto da altura da área de trabalho Custo
Informacionais						
Processo de desmagnetização	Automatizar processo de desmagnetização	Necessidade de manter-se atento durante todo o processo de desmagnetização do freio associado a adoção de postura crítica (cabeça em flexão)	Fadiga mental Dor na nuca	Tecnologia do equipamento / processo de desmagnetização do freio implica em atividades manuais e controle humano	Reprojetar/automatizar equipamento	Viabilidade técnica Custo
Movimentacionais						
Transporte do produto	Minimizar/eliminar o levantamento/transporte do produto	Necessidade de levantar/transportar peso associado a movimentos críticos (flexão de punho, braço fora da linha neutra adução/abdução do braço) precipitadores de DORT's.	Fadiga no braço Dor Comprometimento do sistema músculo-esquelético	Transporte manual do produto, tanto na entrada quanto na saída	Disponibilizar esteira mecanizada	Custo

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Físico-ambientais						
Climatização	Proporcionar temperaturas agradáveis nas 4 estações do ano	Desconforto térmico associado a sensações térmicas extremas no inverno e no verão (frio e calor respectivamente)	Inverno: temperaturas baixas contribui/precipitam lesões ósteo-ligamentares, gripes e pneumonias Verão: trabalho sob temperaturas elevadas gera maior desgaste (sudorese excessiva), cansaço e fadiga	Inexistência de climatização do ambiente físico de trabalho	Disponibilizar sistema de climatização	Custo
Acidentários						
Isolamento do equipamento contra choques elétricos	Tornar equipamento seguro contra choques elétricos	Necessidade de manter-se atento para não receber choque elétrico quando das atividades junto à DEMAG	Choques elétricos Desgosto em relação ao trabalho e à organização	Material utilizado na bancada dos postos de trabalho, a saber, chapa metálica	Utilizar material isolante elétrico no equipamento Aterrar equipamento Treinar funcionários	Reprojeto dos postos de trabalho Viabilidade técnica Disponibilidade de tempo
Operacionais						
Repetitividade de mesmos movimentos para a realização das atividades da tarefa	Diminuir a frequência de utilização de mesmos movimentos para a realização das atividades da tarefa em tempos reduzidos	Necessidade de superação física para manter a produtividade	Cansaço Fadiga muscular Dor DORT	Projeto do trabalho	Enriquecer e alargar a tarefa a cargo do operador Estabelecer rodízio do operador entre postos de trabalho distintos Conceder pausas pequenas e frequentes ao longo do dia de trabalho	Reprojeto do trabalho
Monotonia	Estimular a ativação cerebral	Esforço mental para manter-se produtivo (acordado) durante o trabalho	Fadiga mental Insatisfação em relação ao trabalho Desânimo	Projeto do trabalho	Ampliar e, principalmente, enriquecer as atividades da tarefa a cargo do operador	Reprojeto do trabalho

Classe de problemas	Requisitos	Constrangimentos	Custos humanos	Disfunção do sistema	Sugestões	Restrições
Organizacionais						
Parcelamento do trabalho	Ampliar o trabalho a cargo do operador	Desconhecer todas operações e processos de fabricação do produto (desconhecer o todo)	Fadiga mental Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Projeto do trabalho	Enriquecer e alargar as atividades da tarefa a cargo de cada operador Tornar os funcionários polivalentes	Reprojeto do trabalho Treinamento
Responsabilidade e autonomia	Delegar responsabilidades e autonomia ao operador	Não dispor de responsabilidades e autonomia sobre o próprio processo de trabalho	Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Projeto do trabalho	Enriquecer o trabalho com atividades que demandem responsabilidade Conceder autonomia para o operador comandar o seu trabalho	Reprojeto do trabalho
Participação dos funcionários	Conceder a oportunidade de os funcionários participarem das decisões relacionadas com o seu trabalho Estimular a participação dos funcionários	Não ter a oportunidade de opinar, melhorar e comandar o seu trabalho	Insatisfação em relação ao trabalho e à organização	Inexistência de uma gestão participativa, desconsiderando opiniões e sugestões dos funcionários	Grupos de CCQ	Disponibilidade de tempo
Instrucionais						
Posturas e movimentos adotados	Adotar posturas e movimentos adequados, do ponto de vista da biomecânica ocupacional, durante a realização das atividades da tarefa	Adoção de posturas e movimentos inadequados e prejudiciais ao sistema músculo esquelético durante a realização das atividades da tarefa	Cansaço Dor e fadiga muscular Comprometimento do sistema músculo esquelético	Ausência de treinamento dos funcionários quanto as posturas e movimentos assumidos durante a realização da tarefa	Promover treinamento em ergonomia	Disponibilidade de tempo

Quadro 14: Categorização dos problemas ergonômicos junto ao equipamento DEMAG conforme proposto por Moraes (1998).

Anexo 3 - Componentes, dimensões e posição dos respectivos suportes nos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica

Na Tabela 39 dispõe-se dos componentes e dimensões (em cm) das respectivas caixas acondicionadoras, prateleiras, suportes ou vazados e a posição dos componentes, ferramentas, dispositivos e equipamentos nos postos integrados da célula de montagem polifásica.

Tabela 39: Componentes, dimensões das respectivas caixas acondicionadoras, prateleiras, suportes e vazados e posição dos componentes, ferramentas, dispositivos e equipamentos nos postos integrados da célula de montagem inicial polifásica.

Posto integrado 1	Posto integrado 2	Posto integrado 3
Componente: blindagem Cx (1): 14 x 20 Vazado – canto E l = 14,5 p = 21	Componente: parafusos Rebaixos côncavos (3) – centro l = 33 h = 4 p = 8	Componente: parafusos Rebaixos côncavos (4) – centro l = 44 h = 4 p = 8
Componente: parafusos Rebaixos côncavos (6) - borda frontal l = 66 h = 4 p = 8	Componente: placa de ligação Cx (1): 14 x 21 Vazado – canto E l = 14 p = 21	Componente: conjunto rotor Cx (2): 54,5 x 7,5 x 44) Suporte inclinado de ferro – lateral E l = 115 p _i = 56 h _f = 92 h _p = 109 i = 17,67°
Componente: armação Cx (2): 35,5 x 30 x 55 Suporte inclinado de ferro (9 roletes) - lateral E l = 79 (78,5) p _i = 63 h _f = 61,5 (60,2) h _p = 86,5 (86,8) i = 23,78°	Vazado Componente: parafusos (terminais) Cx (1): 21 x 14 Vazado – lateral E l = 21 p = 1	Componentes: suspensões superior e inferior Cx (1): 30 x 4 x 30 Suporte inclinado – canto E l = 30 p _i = 30 h _f = 0 h _p = 10 i = 19,47°
Componente: eletroímã de corrente Cx (2): 29 x 12,5 x 49 Suporte inclinado de ferro (12 roletes) - lateral E l = 55,6 p _i = 60 h _f = 88 (86,5) h _p = 100,5 i = 12,02°	Componente: bloco Cx (2): 39 x 21 x 59 Suporte inclinado de ferro (9 roletes) – lateral D l = 78,5 p _i = 62,5 h _f = 78,5 h _p = 94 i = 14,36°	Componente: adaptador Cx (1): 13,5 x 8,5 x 20,5 Suporte inclinado aparafusado – centro l = 14 p _i = 21,5 h _f = 109 h _p = 121,5 i = 35,55°

<p>Componente: base Cx (2): 35,5 x 30 x 55 Suporte inclinado de ferro (9 roletes) – lateral D l = 79 (78,5) p_i = 63 h_f = 61,5 h_p = 86,5 (86) i = 23,78°</p>	<p>Base I dos dispositivos para teste (ligações: 11 x 6,5 x 19; dieletro: 22 x 17 x 25) Prateleira aérea frontal: l = 92 p_i = 16 (+2cm baguete) h_f = 118 h_p = 129,5 i = 5°</p>	<p>Componente: freio Cx (1): 42 x 4,5 x 30,5 Suporte inclinado aparafusado – canto D l = 44 p_i = 64 h_f = 93 h_p = 128,5 i = 33,69°</p>
<p>Prateleiras aéreas frontais 1° andar Componente: eletroímã de tensão Cx (4): 28,5 x 12,5 x 49 l = 108 p_i = 60 h_f = 90 h_p = 99,5 i = 5,74° (h livre entre andares = 12 cm) 2° andar Componente: parafusos -à E Cx (1): 17 x 15 x 22 Componente: ponte - à D Cx (1): 26 x 13 x 22 l = 102 p_i = 16 h_f = 120 h_p = 123 i = 10°</p>	<p>Barra para suspensão de aparafusadeira pneumática (1) e alicate pneumático (1) l_{barra} = 95 h_{barra} = 200 p borda posterior até pneumática = 64,5 Suspensas na barra horizontal acima do operador</p>	<p>Mesa para a DEMAG - lateral D l = 70 h = 85 p = 70 e = 8</p>
<p>Barra para suspensão de aparafusadeiras pneumáticas (2) l_{barra} = 105 h_{barra} = 183 p borda frontal até pneumática = 32,5</p>	<p>Barra para suspensão de aparafusadeira pneumática (2) l_{barra} = 95 h_{barra} = 186 p borda posterior até pneumática = 48,5</p>	
<p>Dispositivo de apoio à montagem dos eletroímãs de corrente (18x16x10 - 4,725 kg) Desliza sobre um trilho (2 cm de largura) situado a 10 cm da borda frontal da bancada, na lateral E</p>	<p>Suporte tubular, em baixo da mesa (à D) para aparafusadeira pneumática (1) φ = 1,7 p = 10 d_{bID} = 11</p>	
	<p>Base II do dispositivo para teste de dieletro (17 x 3 x 5) – fixo na borda frontal d_{idE} = 55 Suporte tubular, em baixo da mesa (E e D) para ponteiras (2) do dieletro φ_E = 3,5 d_{idE} = 17 p_E = 13,5 φ_D = 3,5 d_{idD} = 17 p_D = 13,5</p>	

Legenda:

E = esquerda

D = direita

l = largura

h = altura

h_f = altura da borda frontal

h_p = altura da borda posterior

p = profundidade

p_i = profundidade inclinada (hipotenusa)

i = inclinação

d_{bIE} = distância do eixo até borda lateral E da mesa

d_{bID} = distância do eixo até borda lateral D da mesa

Anexo 4 - Questionários

Neste Anexo 4, dispõe-se dos questionários de avaliação do trabalho nos leiautes linear e celular.

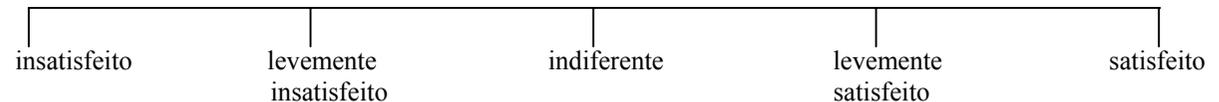
Questionário de avaliação relativo ao leiaute linear (maio/1998)

Prezado colega! Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre seu trabalho na linha de produção É MUITO IMPORTANTE. Solicitamos, então, que você responda as perguntas do questionário marcando, na escala, a resposta que melhor representa sua opinião.

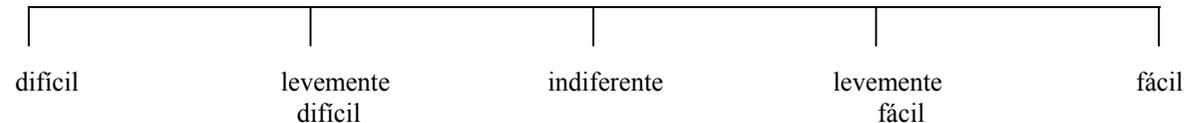
Não identifique seu questionário. As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pela equipe de ergonomias do LOPP/PPGEP/UFGRS junto a vocês da ABB. Muito obrigado.

Perguntas:

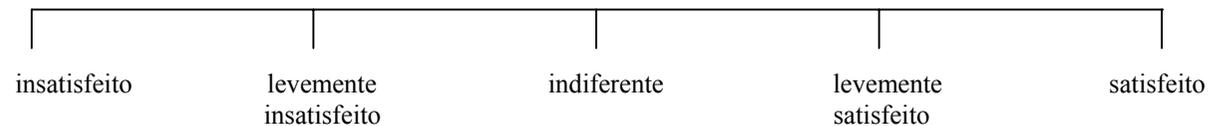
1 Existem alguns sistemas de trabalho em que a pessoa pode se movimentar de um local de trabalho para o outro. Você trabalha atualmente na linha de produção, num único posto de trabalho, realizando as mesmas atividades. Isto lhe deixa:



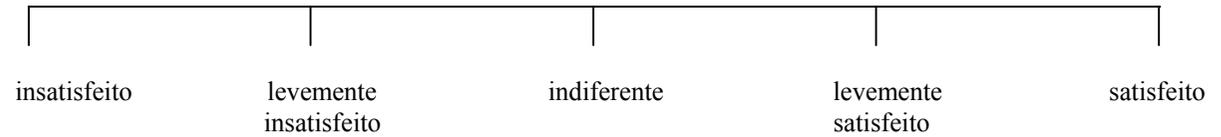
2 Como você considerou a aprendizagem das atividades realizadas no seu posto?



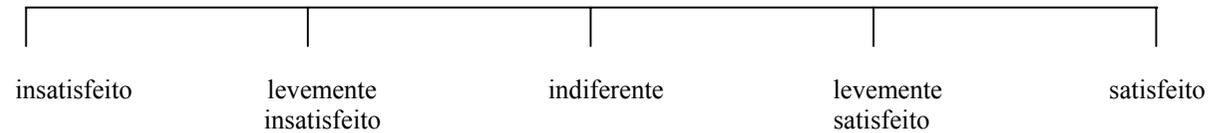
3 O ritmo de trabalho na linha de produção faz com que você se sinta:



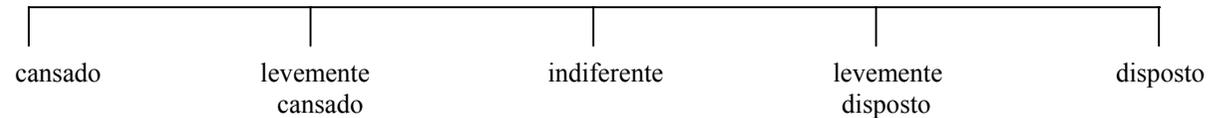
4 A maneira como você está trabalhando atualmente, ou seja, numa linha de produção, faz com que você se sinta:



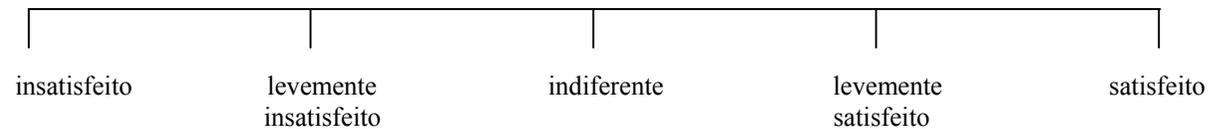
5 O envolvimento com os outros colegas de trabalho, na linha de produção, deixa-lhe:



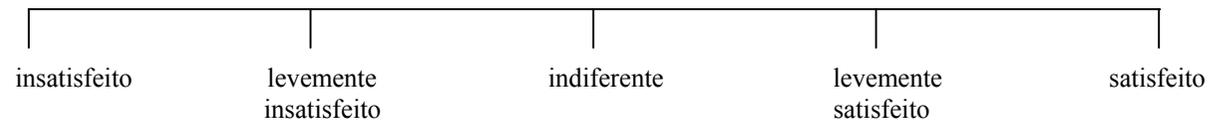
6 No final de um dia de trabalho, você vai para casa sentindo-se:



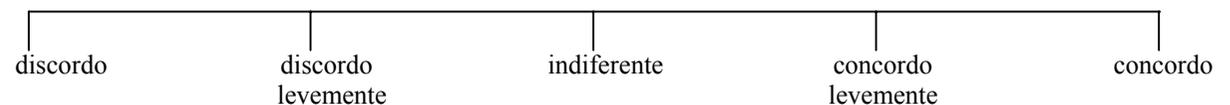
7 O fato de você realizar a mesma operação durante todo o dia, toda a semana e, muitas vezes, durante todo o mês, faz com que você se sinta:



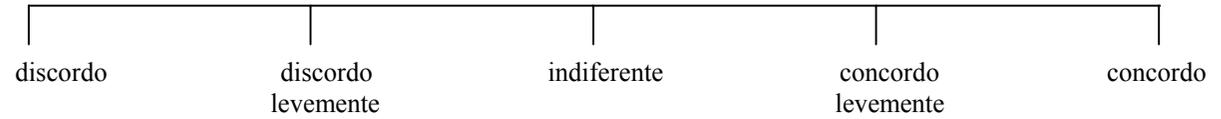
8 Suas relações pessoais com seus colegas de linha deixa-lhe:



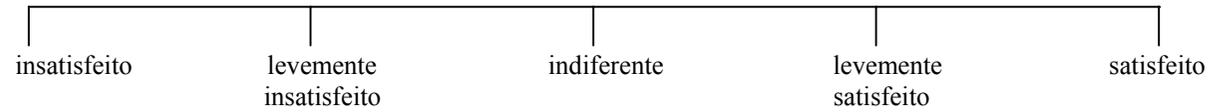
9 A empresa está buscando um desempenho de alta qualidade no sistema de trabalho e nos produtos que fabrica?



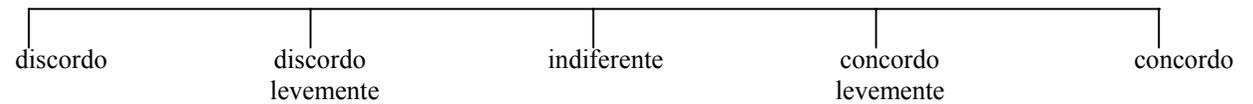
10 A empresa conta com sua participação e comprometimento na busca da alta qualidade ?



11 Uma maior participação e comprometimento com o seu trabalho deixaria você:



12 O seu supervisor imediato elogia o seu trabalho com a freqüência que você desejaria?



13 Na sua opinião, o arranjo físico celular deve ser implantado na empresa?

() Não

() Indiferente

() Sim

Observações (se necessário):

Questionário de avaliação relativo ao leiaute celular (julho/1999)

Prezado colega! Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre seu trabalho na célula de montagem polifásica É MUITO IMPORTANTE. Solicitamos, então, que você responda as perguntas do questionário marcando, na escala, a resposta que melhor representa sua opinião.

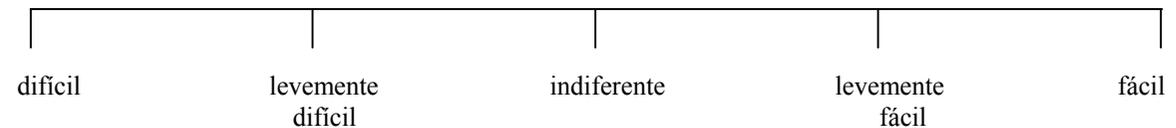
Não identifique seu questionário. As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pela equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS junto a vocês da ABB. Muito obrigado.

Se você trabalhou na **antiga linha de montagem polifásica**, marque um **X** no quadrado ao lado.

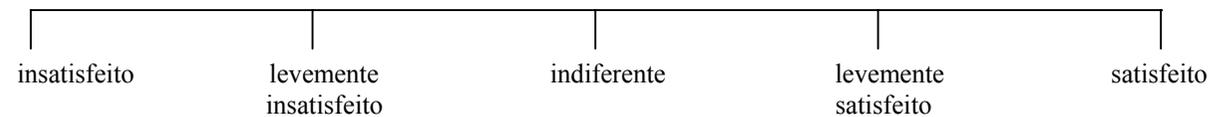
Atenção, se você trabalhou somente na **célula de montagem inicial polifásica**, deixe o quadrado em **branco**.

Perguntas:

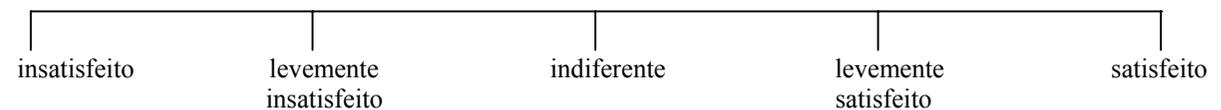
1 Como você considerou a aprendizagem das atividades realizadas na célula de montagem?



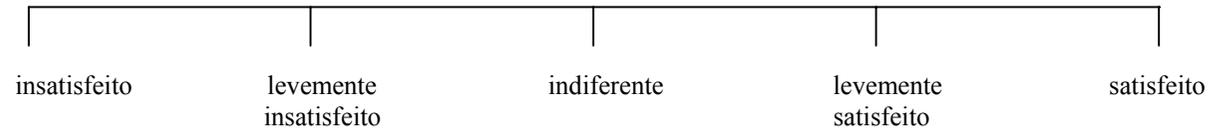
2 O ritmo de trabalho na célula de montagem faz com que você se sinta:



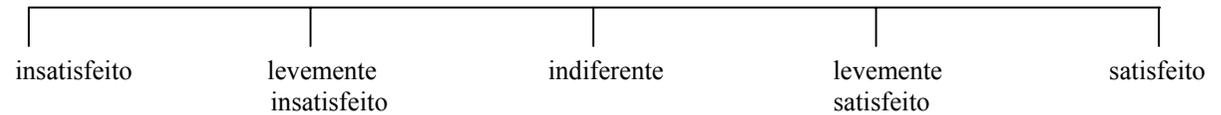
3 A maneira como você está trabalhando atualmente, ou seja, num arranjo físico celular, faz com que você se sinta:



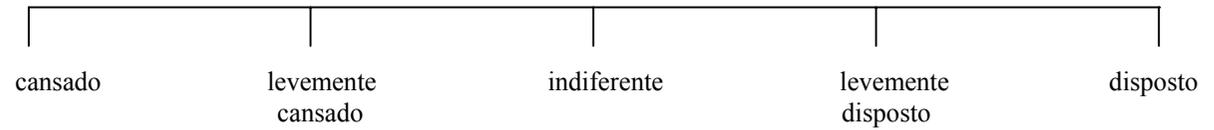
4 A célula que você trabalha é composta por 3 postos. A idéia era realizar um rodízio, de forma que as pessoas trabalhassem nos 3 postos. No entanto, isto não vem ocorrendo. O fato de você trabalhar somente num posto da célula lhe deixa:



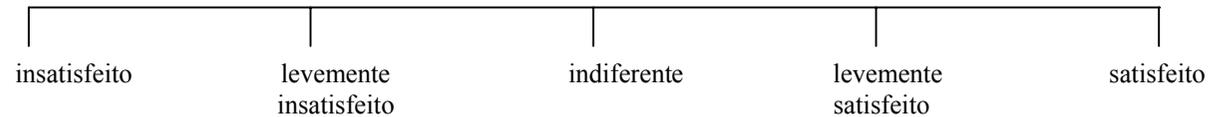
5 O envolvimento com os outros colegas de trabalho, na célula de montagem, deixa-lhe:



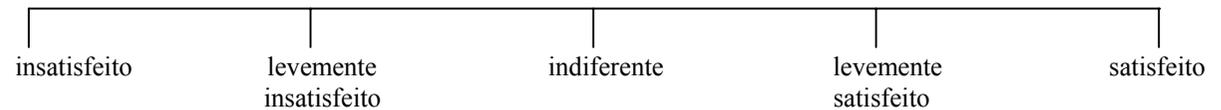
6 No final de um dia de trabalho, você vai para casa sentindo-se:



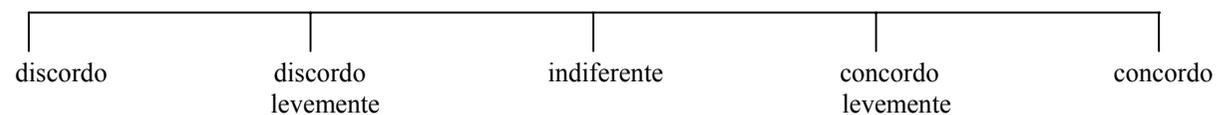
7 Na linha de montagem, você realizava poucas operações diferentes. Agora, na célula, o número e a variedade de operações aumentou. Isto faz com que você se sinta:



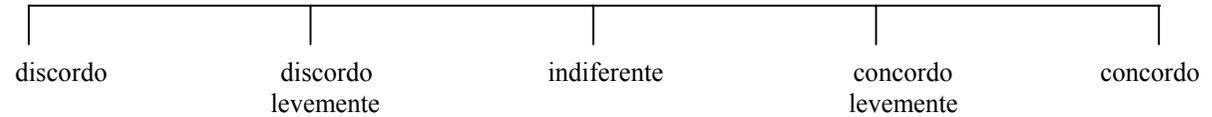
8 Suas relações pessoais com seus colegas de célula deixa-lhe:



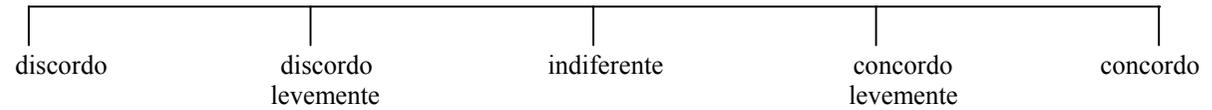
9 A empresa está buscando um desempenho de alta qualidade no sistema de trabalho e nos produtos que fabrica?



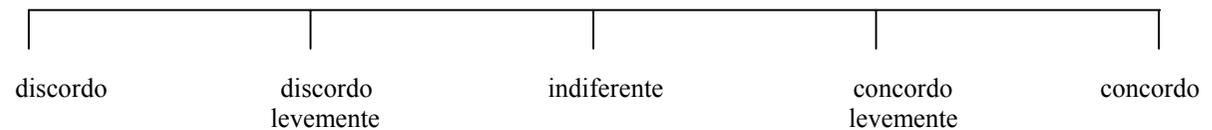
10 A qualidade do produto melhora quando a mesma pessoa realiza várias operações?



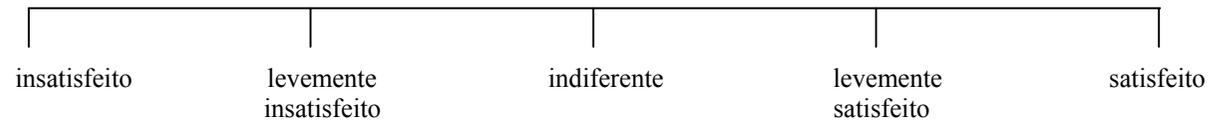
11 No arranjo físico celular você passou a ser mais responsável pelo produto que você montou?



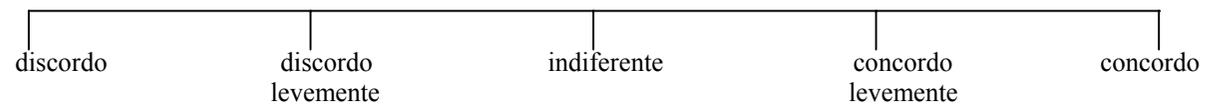
12 A empresa conta com sua participação e comprometimento na busca da alta qualidade?



13 Uma maior participação e comprometimento com o seu trabalho deixaria você:



14 O seu supervisor imediato elogia o seu trabalho com a freqüência que você desejaria?



15 Atualmente você trabalha na célula de montagem polifásica. Você poderia atuar em outros subsetores da empresa se houvesse um rodízio. Na sua opinião, o rodízio entre setores deve ser implantado na empresa?

() Não

() Indiferente

() Sim

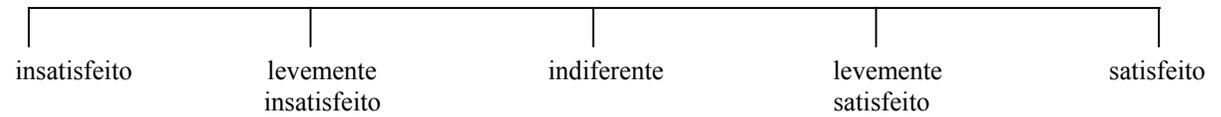
16 Atualmente você trabalha numa célula de montagem. Você acha que seria melhor voltar atrás e adotar a antiga linha de montagem?

() Não () Indiferente () Sim

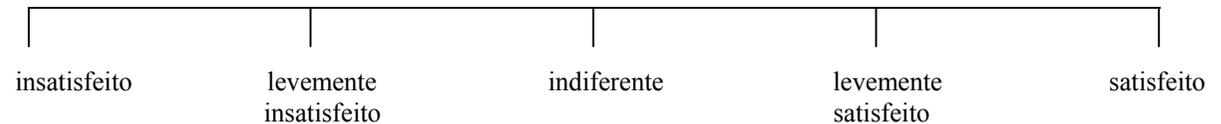
Observações (se necessário):

SOBRE O DESIGN DOS POSTOS DE INTEGRADOS DA CÉLULA, como você se sente em relação a:

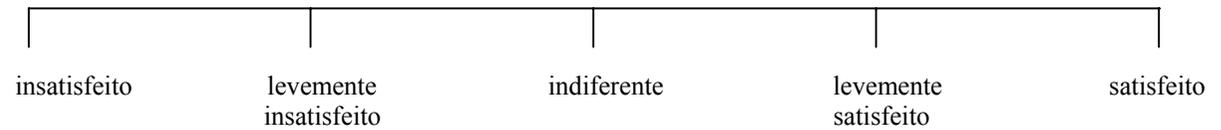
17 Área útil para trabalho:



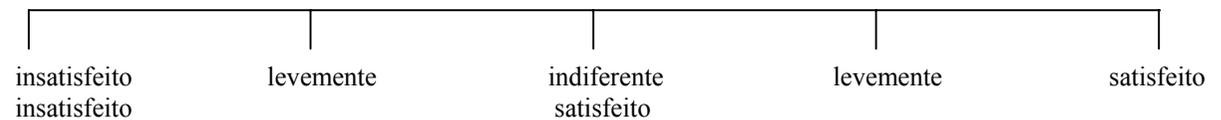
18 Disposição dos materiais nos postos integrados da célula:



19 Posturas e movimentos assumidos durante o trabalho:



20 Estética dos postos:



Na Tabela 40 apresenta-se a média aritmética das perguntas dos questionários.

Tabela 40: Média aritmética das perguntas dos questionários.

Perguntas (linha)	Perguntas (célula)	M _{linha}	M _{célula}
1 Existem alguns sistemas de trabalho em que a pessoa pode se movimentar de um local de trabalho para o outro. Você trabalha atualmente na linha de produção, num único posto de trabalho, realizando as mesmas atividades. Isto lhe deixa:		7,35	
7 O fato de você realizar a mesma operação durante todo o dia, toda a semana e, muitas vezes, durante todo o mês, faz com que você se sinta:		5,58	
13 Na sua opinião, o arranjo físico celular deve ser implantado na empresa?		S: 6,67% N: 40% I:33,33%	
2 Como você considerou a aprendizagem das atividades realizadas no seu posto?	1 Como você considerou a aprendizagem das atividades realizadas na célula de montagem?	11,10	9,07
3 O ritmo de trabalho na linha de produção faz com que você se sinta:	2 O ritmo de trabalho na célula de montagem faz com que você se sinta:	8,13	9,08
4 A maneira como você está trabalhando atualmente, ou seja, numa linha de produção, faz com que você se sinta:	3 A maneira como você está trabalhando atualmente, ou seja, num arranjo físico celular, faz com que você se sinta:	7,82	10,01
5 O envolvimento com os outros colegas de trabalho, na linha de produção, deixa-lhe:	5 O envolvimento com os outros colegas de trabalho, na célula de montagem, deixa-lhe:	10,77	13,90
6 No final de um dia de trabalho, você vai para casa sentindo-se:	6 No final de um dia de trabalho, você vai para casa sentindo-se:	3,31	4,28
8 Suas relações pessoais com seus colegas de linha deixa-lhe:	8 Suas relações pessoais com seus colegas de célula deixa-lhe:	12,29	14,02
9 A empresa está buscando um desempenho de alta qualidade no sistema de	9 A empresa está buscando um desempenho de alta qualidade no sistema de	10,90	10,63

trabalho e nos produtos que fabrica?	trabalho e nos produtos que fabrica?		
10 A empresa conta com sua participação e comprometimento na busca da alta qualidade ?	12 A empresa conta com sua participação e comprometimento na busca da alta qualidade?	11,35	13,79
11 Uma maior participação e comprometimento com o seu trabalho deixaria você:	13 Uma maior participação e comprometimento com o seu trabalho deixaria você:	13,28	13,05
12 O seu supervisor imediato elogia o seu trabalho com a frequência que você desejaria?	14 O seu supervisor imediato elogia o seu trabalho com a frequência que você desejaria?	5,28	5,83
	4 A célula que você trabalha é composta por 3 postos. A idéia era realizar um rodízio, de forma que as pessoas trabalhassem nos 3 postos. No entanto, isto não vem ocorrendo. O fato de você trabalhar somente num posto da célula lhe deixa:		5,76
	7 Na linha de montagem, você realizava poucas operações diferentes. Agora, na célula, o número e a variedade de operações aumentou. Isto faz com que você se sinta:		9,03
	10 A qualidade do produto melhora quando a mesma pessoa realiza várias operações?		8,83
	11 No arranjo físico celular você passou a ser mais responsável pelo produto que você montou?		13,05
	15 Atualmente você trabalha na célula de montagem polifásica. Você poderia atuar em outros setores da empresa se houvesse um rodízio. Na sua opinião, o rodízio entre setores deve ser implantado na empresa?		S: 53% N: 33% I: 13%
	16 Atualmente você trabalha numa célula de montagem. Você acha que seria melhor voltar atrás e adotar a antiga		S: 36% N: 21% I: 43%

	linha de montagem?		
	17 Área útil para trabalho:		8,65
	18 Disposição dos materiais nos postos integrados da célula:		6,73
	19 Posturas e movimentos assumidos durante o trabalho:		8,11
	20 Estética dos postos:		10,94

Na Tabela 41 apresenta-se a matriz de associação entre as respostas das perguntas 15 e 16 do questionário relativo ao leiaute celular.

Tabela 41: Matriz de associação entre as respostas das perguntas 15 e 16 do questionário relativo ao leiaute celular.

	Implantação de rodízio (P15)		
Retorno à linha (P16)	Não	Indiferente	Sim
Não	1	1	1
Indiferente	1	1	4
Sim	3	-	2

Anexo 5 – Produtividade

Neste Anexo 5 apresenta-se o Relatório de Produção e Perdas no qual foram registrados os dados de produtividade relativos ao trabalho nos leiautes linear e celular (em Figura 31) e as fichas técnicas dos medidores fabricados entre jan/97 a ago/99 dado o agrupamento dos tipos de medidores segundo suas semelhanças quando da montagem inicial polifásica (em Tabela 42).

Anexo 6 - Leiautes do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica nos quatro períodos da intervenção.

Neste Anexo 6 apresentam-se os leiautes do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica (em Figuras 32, 33 e 34) nos quatro períodos da intervenção ergonômica.

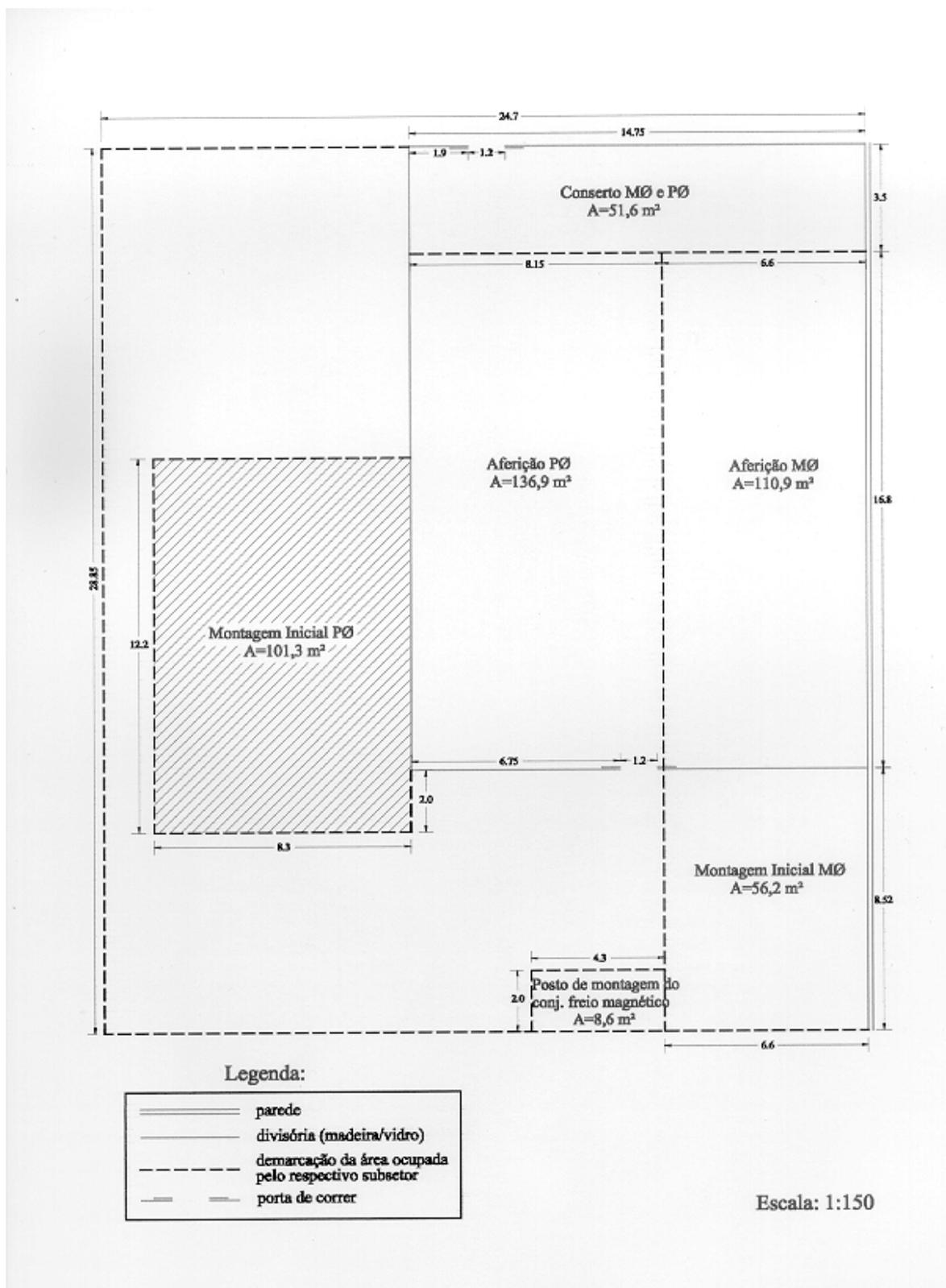


Figura 32: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo aos períodos 1 e 2 da intervenção ergonômica.

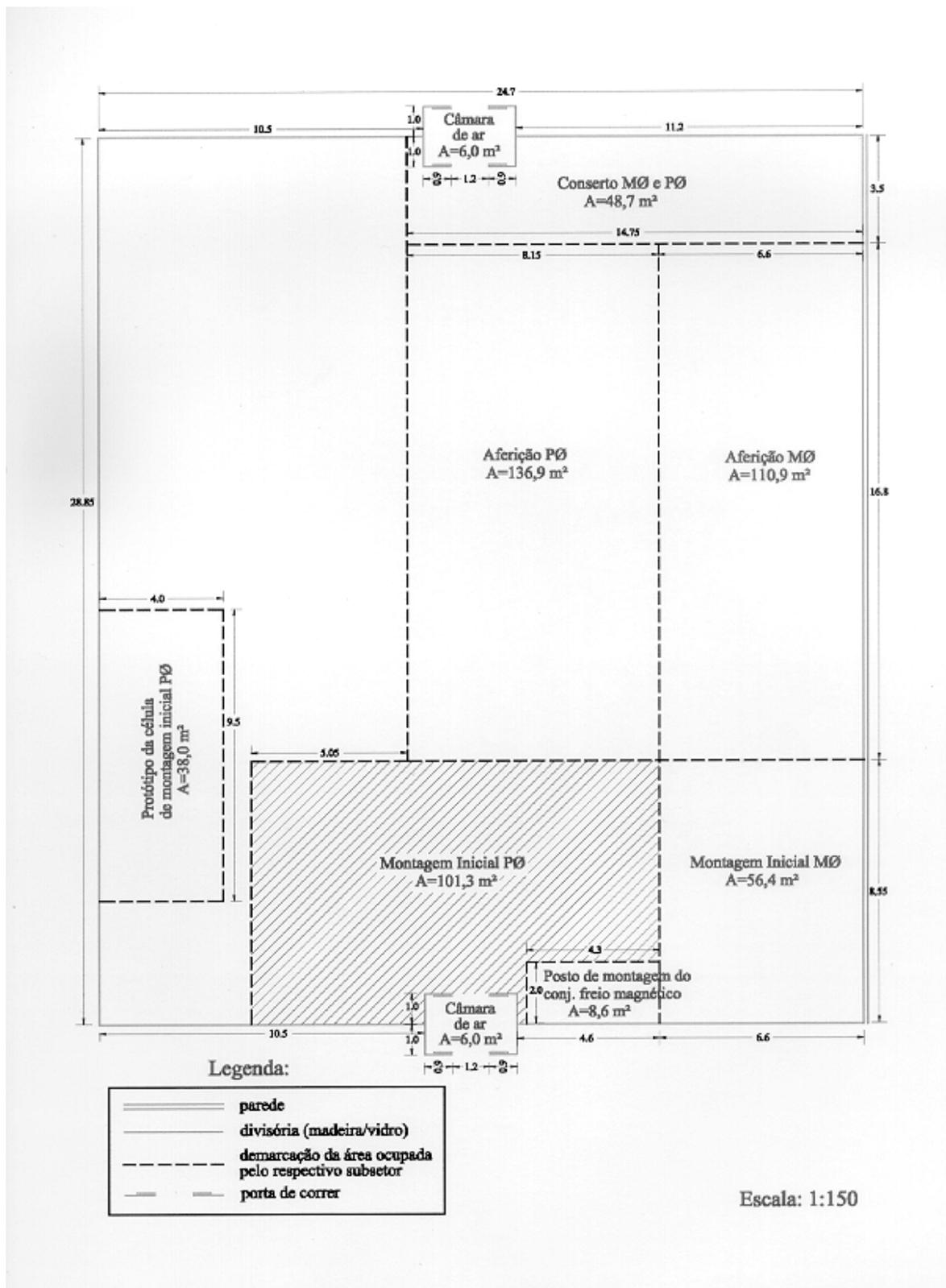


Figura 33: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo ao período 3 da intervenção ergonômica.

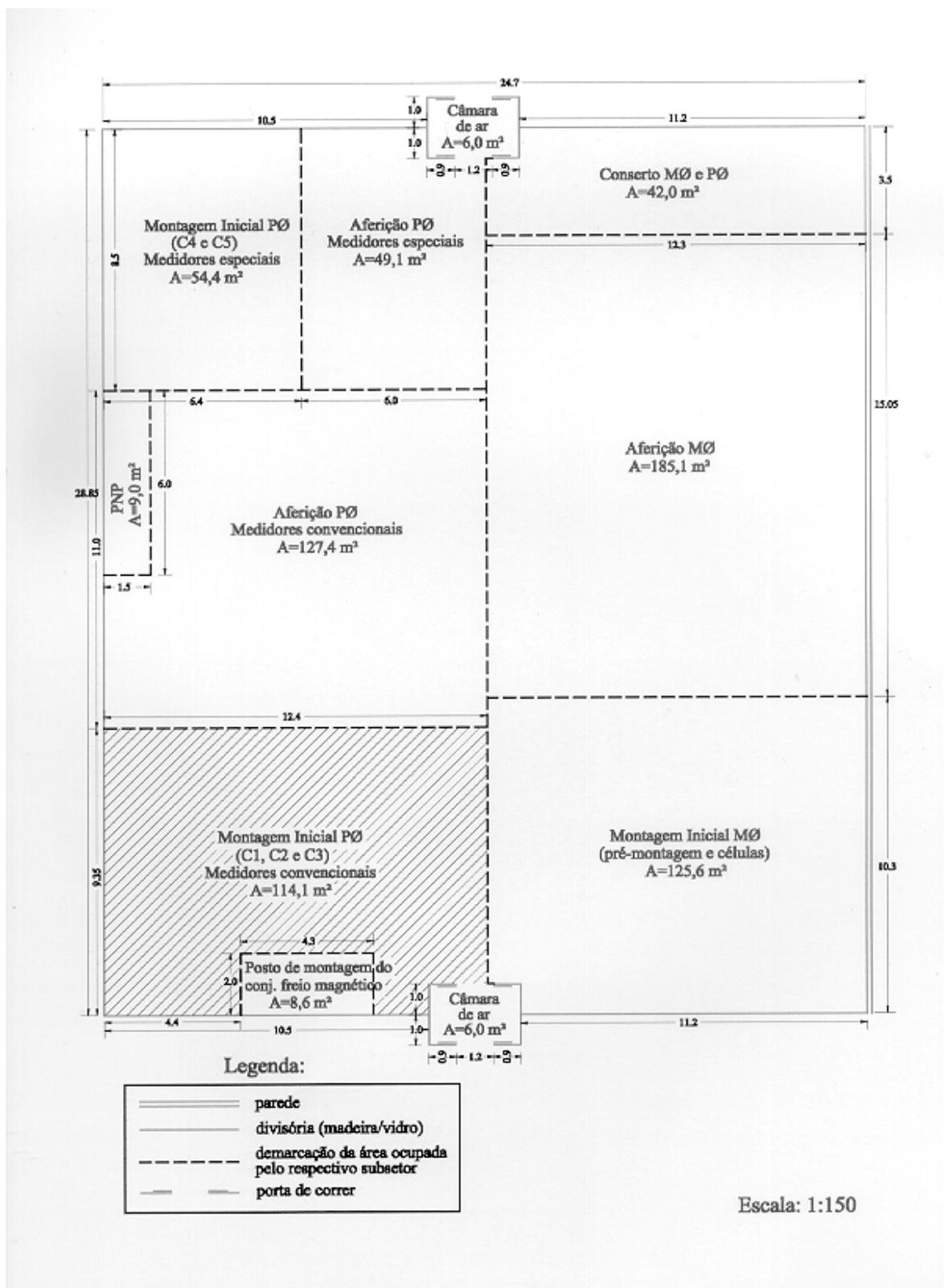


Figura 34: Leiaute do chão-de-fábrica do setor de montagem eletromecânica relativo ao período 4 da intervenção ergonômica.