

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**ANÁLISE DO ESTILO DE TRABALHO EM MONTAGEM DE PRECISÃO**

**Tatiana Maglia Pastre**

**Porto Alegre, 2001**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**ANÁLISE DO ESTILO DE TRABALHO EM MONTAGEM DE PRECISÃO**

**Tatiana Maglia Pastre**

**Orientador: Lia Buarque de Macedo Guimarães**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Aluísio Otávio Vargas Ávila**

**Prof. Dr. Paulo Ghinato**

**Prof. Dr. Gilberto Dias da Cunha**

**Prof. Dr. Paulo Antônio Barros Oliveira**

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia**  
**como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia –**  
**modalidade Profissionalizante – Ênfase Ergonomia**

**Porto Alegre, 2001**

**Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães**

Orientador

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

**Prof<sup>a</sup>. Helena Beatriz Bettella Cybis**

Coordenadora

Mestrado Profissionalizante em Engenharia

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Aluísio Otávio Vargas Ávila**

LABORATÓRIO DE BIOMECÂNICA/UNISUL

**Prof. Gilberto Dias da Cunha**

PPGEP/UFRGS

**Prof. Paulo Ghinato**

PPGEP/UFRGS

**Prof. Paulo Antônio Barros Oliveira**

CEDOP/UFRGS

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	IX
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	X
<b>RESUMO</b> .....	XI
<b>RESUMO</b> .....	XI
<b>ABSTRACT</b> .....	XII
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.2. HIPÓTESES.....	17
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>CAPÍTULO 2 – FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MODOS OPERANTES</b> .....	19
2.1. LEIAUTE .....	25
2.2. PRODUTO .....	27
2.2.1. <i>Design For Assembly - DFA</i> .....	28
2.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	34
2.3.1. <i>Questões individuais e a organização do trabalho</i> .....	36
2.3.2. <i>Treinamento</i> .....	39
2.3.3. <i>Questões de produção na organização do trabalho</i> .....	43
<b>CAPÍTULO 3 – ESTUDO DOS MOVIMENTOS DA MÃO NO MANEJO DE PRECISÃO</b> .....	46
3.1. O ESTUDO DO MOVIMENTO HUMANO.....	48
3.2.CINESIOLOGIA DO PUNHO E DA MÃO .....	50
3.2.1. <i>Movimentos do punho</i> .....	54
<b>CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO</b> .....	70

4.1. INTERVENÇÃO REALIZADA NA ABB.....	71
4.1.1. Produto.....	73
4.1.2. Leiaute.....	77
4.1.3. Posto de trabalho.....	79
4.2. TREINAMENTO PARA MONTAGEM DO NOVO PRODUTO.....	81
<b>CAPÍTULO 5 – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>83</b>
5.1. SUJEITOS.....	83
5.2. MÉTODO DE ANÁLISE.....	83
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>90</b>
6.1. A ROTINA DE TRABALHO.....	94
6.2. QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS DOS INDIVÍDUOS.....	95
6.3. QUANTO À VARIAÇÃO DURANTE A JORNADA.....	95
6.4. ANÁLISE DOS MOVIMENTOS.....	96
6.4.1 OS MOVIMENTOS E O POSTO.....	96
6.4.2 OS MOVIMENTOS E O PRODUTO.....	96
<b>CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>109</b>
7.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	110
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>121</b>

## Lista de Figuras

FIGURA 1: SUPINAÇÃO .....	50
FIGURA 2: PRONAÇÃO .....	50
FIGURA 3: POSIÇÃO ANATÔMICA.....	51
FIGURA 4: FLEXÃO DE PUNHO .....	51
FIGURA 5: EXTENSÃO DE PUNHO.....	51
FIGURA 6: DESVIO ULNAR.....	51
FIGURA 7: DESVIO RADIAL .....	52
FIGURA 8: PREENSÃO DE FORÇA.....	52
FIGURA 9: PINÇA DE PRECISÃO .....	53
FIGURA 10: FLEXÃO DE PUNHO COM ADUÇÃO .....	54
FIGURA 11: MOVIMENTO DE FLEXÃO DE METACARPOFALANGIANA.....	56
FIGURA 12: EXTENSÃO ATIVA DA METACARPOFALANGIANA.....	57
FIGURA 13: EXTENSÃO PASSIVA DE METACARPOFALANGIANA.....	57
FIGURA 14: AFASTAMENTO .....	57
FIGURA 15: APROXIMAÇÃO .....	57
FIGURA 16: EXTENSÃO, FLEXÃO E OPOSIÇÃO.....	58
FIGURA 17: ADUÇÃO, ABDUÇÃO .....	58
FIGURA 18: (A) EXTENSÃO DE PUNHO COM FLEXÃO DE DEDOS E (B) FLEXÃO DE PUNHO COM EXTENSÃO DE DEDOS .....	59
FIGURA 19: EXTENSÃO DE PUNHO COM ABDUÇÃO .....	60
FIGURA 20: EXTENSÃO DE PUNHO COM LEVE DESVIO ULNAR.....	60
FIGURA 21: PINÇA DE PRECISÃO .....	61
FIGURA 22: PINÇA DE PRECISÃO .....	61
FIGURA 23: PREENSÃO POLPA A POLPA .....	61
FIGURA 24: PINÇA TRIDIGITAL POLPA A POLPA .....	62
FIGURA 25: TETRADIGITAL PULPO-LATERAL.....	62
FIGURA 26: PENTADIGITAL PULPAR.....	63
FIGURA 27: PENTADIGITAL COMISSURAL .....	63
FIGURA 28: PENATDIGITAL PANORÂMICA .....	64
FIGURA 29: PREENSÃO DÍGITO-PALMAR.....	64
FIGURA 30: PREENSÃO PALMAR PLENA.....	65
FIGURA 31: PREENSÃO PALMAR ESFÉRICA PENTADIGITAL.....	65

FIGURA 32: PREENSÃO AUXILIADA PELA GRAVIDADE .....	65
FIGURA 33: PREENSÃO-AÇÃO .....	66
FIGURA 34: NOVO LEIAUTE DAS CÉLULAS DE MONTAGEM MONOFÁSICAS (À ESQUERDA) E O ANTIGO LEIAUTE EM LINHA ( À DIREITA).....	79
FIGURA 35: EXEMPLO DE MAPAS COGNITIVOS DAS SEQUÊNCIAS DE MONTAGEM ( DO MEDIDOR REDESENHADO ME21) DE ALGUNS MONTADORES .....	94
FIGURA 36: EXTENSÃO DE PUNHO COM DESVIO RADIAL, FLEXÃO DE METACARPOFALANGIANA S E INTERFALANGIANAS .....	99
FIGURA 37: PUNHO LEVEMENTE ESTENDIDO COM FLEXÃO DE METACARPOFALANGIANA E INTERFALANGIANAS.....	99
FIGURA 38: PEGAR ARMAÇÃO, DESVIO ULNAR COM EXTENSÃO DE PUNHO E FLEXÃO DE METACARPOFALANGIANA E INTERFALANGIANA (MESMA ATIVIDADE DA FIGURA 1 COM OUTRO TIPO DE MOVIMENTO) .....	100
FIGURA 39: MÃO ESQUERDA PINÇA DE PRECISÃO E MÃO DIREITA PREENSÃO PALMAR PLENA .....	100
FIGURA 40: POSICIONA O PRÉ MONTADO COM A MÃO EM GARRA FAZENDO DESVIOS ULNAR E RADIAL .....	101
FIGURA 41: PINÇA TRIDIGITAL POLPA À POLPA .....	101
FIGURA 42: PUNHO LINHA MÉDIA COM FLEXÃO DE METACARPOFALANGIANAS E INTERFALANGIANAS E DESVIO RADIAL .....	102
FIGURA 43: PENTADIGITAL COMISSURAL .....	102
FIGURA 44: DESVIO ULNAR.....	103
FIGURA 45: DESVIO RADIAL .....	103
FIGURA 46: PINÇA TRIDIGITAL POLPA À POLPA (MÃO ESQUERDA).....	104
FIGURA 47: INSERÇÃO DE SUSPENSÃO COM PINÇAS E DESVIOS .....	104
FIGURA 48: INSERÇÃO CONJUNTO ROTOR.....	105
FIGURA 49: EXTENSÃO DE PUNHO ESQUERDO E PINÇA ASSOCIADA A DESVIO ULNAR EM PUNHO ESQUERDO.....	105
FIGURA 50: COM PREENSÃO PALMAR PLENA ASSOCIADACOM MOVIMENTOS DE FLEXÃO (FIGURA 4) PARA EXTENSÃO (FIGURA 5) DE PUNHO .....	105

FIGURA 51: ATIVIDADE DE APARAFUSAMENTO (FLEXÃO DO INDICADOR COM DESVIO ULNAR) .....	106
FIGURA 52: ATIVIDADE DE DESAPARAFUSAMENTO COM DESVIO RADIAL E FLEXÃO DE INDICADOR.....	106
FIGURA 53: COLOCAR REGISTRADOR NA VERTICAL .....	107
FIGURA 54: REGISTRADOR NA HORIZONTAL.....	107
FIGURA 55: DESVIO RADIAL COM GARRA E FLEXÃO DE POLEGAR .....	108

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: DISTÂNCIA X TEMPO DE PREENSÃO.....	23
QUADRO 2: PRINCÍPIOS DO DESIGN PARA MONTAGEM PELO SER HUMANO.....	33
QUADRO 3: AMPLITUDE DE MOVIMENTO ARTICULAR DE UM ADULTO ...	49
QUADRO 4: A POSTURA E SUA RELAÇÃO COM OS DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES .....	67
QUADRO 5: FATORES DE RISCO .....	68
QUADRO 6: TURNOS DE TRABALHO .....	70
QUADRO 7: COMPARATIVO DOS MEDIDORES M8C E ME21.....	76
QUADRO 8: COMPARATIVO ENTRE AS ETAPAS DE MONTAGEM PRESCRITAS E AS SUGERIDAS .....	86
QUADRO 9: RELAÇÃO SOBRE O TREINAMENTO .....	93
QUADRO 10: MOVIMENTOS OBSERVADOS NAS ETAPAS DE MONTAGEM .	99

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: VALOR DA DISTÂNCIA (DIFERENÇA ENTRE SEQÜÊNCIAS DE MONTAGEM) ENTRE OS MONTADORES .....	88
TABELA 2: MATRIZ DE PROXIMIDADE.....	90
TABELA 3: ESTATÍSTICA DO GRUPO 1.....	91
TABELA 4: ESTATÍSTICA DO GRUPO 2.....	91
TABELA 5: CORRELAÇÃO DE PERSON PARA DETERMINAR A VARIÁVEL SIGNIFICATIVA.....	92

## RESUMO

Este trabalho trata da análise do estilo de trabalho de funcionários de uma montadora de medidores de energia elétrica situada no estado do Rio Grande do Sul. Foi feita uma análise cinesiológica do tipo e da ordem de execução dos movimentos que mais ocorrem na montagem, usando conceitos de cinesiologia e algumas regras da ergonomia sobre o trabalho de precisão. Foi observado que a forma de montagem difere do prescrito e que os modos de operação variam entre os indivíduos os quais adotam as mesmas posturas e movimentos nas mesmas etapas de montagem, sendo, portanto, relativas ao posto e ao produto. Os movimentos são adotados dentro de padrões normais de movimento humano, ocorrendo em alguns, montadores, agravantes como maior emprego de força e amplitudes de movimento.

## **ABSTRACT**

This dissertation deals with the analysis of the employee's workstyle at an electrical measurement device assembly plant in the State of Rio Grande do Sul. A kinesiological analysis was carried out on the type and order of execution of the employee's movements, based upon kinesiology concepts and some rules of ergonomics on fine motor and precision work. It was observed that the assemblage sequence differs from the prescribed mode one and that the operation modes vary between the individuals. Although the assemblage sequences differ, operators adopt the same positions and movements in the same stages of assemblage, indicating that the movements are mainly induced by both the workplace and the product being processed. Movements showed to be normal according to the standards of human movement, although some workers apply higher use of force and use larger movement amplitude which can be harmful in the long term.

## INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a qualidade de vida da população tem despertado interesse na criação de ambientes de trabalho que forneçam maior satisfação, motivação e participação aos trabalhadores, sem comprometimento das questões relativas à produtividade. Isto é justificável, na medida que a maior parte do tempo as pessoas passam dentro de organizações e que elas são as responsáveis pelos seus resultados, que podem ou não estar de acordo com os objetivos estratégicos da empresa.

Diversas abordagens, teorias e modelos administrativos têm sido desenvolvidos com o intuito de considerar variáveis comportamentais e organizacionais no processo de modificação das condições de trabalho e no próprio desenvolvimento da empresa como um todo. No entanto, mesmo que no campo teórico existam diversas formas de tratar a participação das pessoas no processo de trabalho, as estruturas organizacionais e os sistemas produtivos de grande parte das indústrias brasileiras ainda se encontram fundadas nos paradigmas taylorista/fordista de divisão de trabalho. Neste modelo, que defende a idéia de “um homem/um posto/uma tarefa”, o processo de trabalho, “[...] em bases gerais, tende a ser organizado a alcançar níveis elevados de parcialização, rotinização e simplificação de sua execução” (Guimarães, 2000 b).

Convém salientar que, nos moldes deste modelo, é comum se observar, na prática industrial, a definição das tarefas pelo departamento responsável pela produção, cabendo aos trabalhadores apenas a execução das mesmas. O trabalhador, portanto, é tratado quase como uma máquina e, dessa forma, substituível quando a execução não segue os padrões prescritos. A parcialização das tarefas tende a deixar o trabalhador alienado do processo produtivo em que está inserido, impossibilitando sua visão do todo, e gerando um quadro de monotonia e insatisfação com o trabalho. No que tange à saúde física, a repetitividade dos movimentos exigidos na realização dessas tarefas, aliada a posturas inadequadas, acarreta danos ao sistema ósteo-muscular do trabalhador. Esses danos são denominados distúrbios osteo-musculares relacionados ao trabalho (DORT's) que incluem as lesões por esforços repetitivos (LER).

Uma consequência direta do problema da doença ocupacional para a empresa é o aumento dos custos devido à queda da produtividade, absenteísmo, bem como o tratamento médico.

O empregado que apresenta algum tipo de DORT começa a ter mais faltas no trabalho, diminui a sua produtividade e gasta em recursos médicos, sem contar que, em casos mais graves, ocorrem afastamentos que geram um custo muito alto para a sociedade. Lima et al., (1998) expõe que “a previdência social, juntamente com órgãos responsáveis pela saúde, segurança no trabalho e a sociedade como um todo precisam tomar medidas preventivas urgentes e sérias, pois um contingente enorme de trabalhadores jovens e produtivos está sendo atingido e lesado em sua capacidade laborativa e funcional, ficando muitas vezes afastado por longos períodos e até incapacitado para o trabalho, gerando um ônus insuportável para a sociedade”.

De acordo com dados do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador em São Paulo – CEREST, dos 978 casos em atendimento em 1995, 584 tinham LER e desta população a maioria eram mulheres com idades entre 25 e 35 anos (Ludwig, 1996). Segundo Satiko Imamura (1997), ortopedista do Hospital de Clínicas de São Paulo, a mão-de-obra feminina é preferida por desempenhar com eficácia os movimentos mais finos e minuciosos o que justifica porque as mulheres são as mais atingidas. As mulheres têm ainda o agravante da dupla jornada: não há descanso para quem trabalha fora e em casa. Mas ainda assim, há pessoas que passam longe do problema, ou seja, não apresentam nenhuma sintomatologia.

Dos pacientes atendidos no CEREST/ SP, em 1994, 31,8% trabalhavam em banco, 26,7% em linhas de montagem da indústria metalúrgica, 14,4% em serviços diversos e 4,1% em comércio (Ludwig, 1996).

As doenças ocupacionais não atingem somente os trabalhadores de países subdesenvolvidos, mas também de países de primeiro mundo. Segundo a Occupational Safety & Health Administration (OSHA), os EUA gastaram, no ano de 1993, somente com os custos indiretos da DORT, uma quantia em torno de 100 bilhões de dólares, e estima-se que aproximadamente cerca de 15 a 20% dos americanos irão apresentar DORT (OSHA, 1999). Portanto, se uma empresa deseja melhorar as condições de vida no trabalho, bem como aumentar a produtividade, reduzir custos, garantir a qualidade e a motivação dos trabalhadores, não basta se utilizar da prática de substituição da mão-de-obra. O fundamental é organizar e gerir, de maneira metodológica e inteligente, os processos produtivos e não jogar o ônus sobre os funcionários e a sociedade.

Nesse âmbito, a melhoria do ambiente, a remodelagem dos postos de trabalho, juntamente com um estudo do leiaute<sup>1</sup>, do sistema produtivo e do próprio produto fabricado pela empresa fazem-se necessários. Estas melhorias são colocadas em prática com base na ergonomia, em especial, com a abordagem macroergonômica.

“A macroergonomia é a ciência que trata de desenvolver conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que relacionam-se com o projeto de interfaces entre indivíduos e outros componentes do sistema. Como prática, ela compreende a aplicação da interface homem-sistema à projetos de modificações de sistemas para aumentar a segurança, conforto e eficiência do sistema e da qualidade de vida” (Hendrick, 1993).

Dentro de um enfoque macroergonômico, o processo usual de implantação de uma intervenção se dá com base na ergonomia participativa. Segundo Brown (1995) “... a organização, a partir de uma maior participação dos trabalhadores, deveria permitir a seus funcionários uma maior satisfação no trabalho, qualidade de vida no trabalho e motivação”. Uma intervenção macroergonômica dá-se com a formação de equipes multidisciplinares que abordem os problemas de forma geral e integrada, incluindo o projeto dos produtos e processos de produção da empresa. Dentro do enfoque macroergonômico, a individualidade é um fator que deve ser preservado tendo-se em mente que, devido às diferenças individuais, não é possível conceber um sistema adequado a 100% da população. Geralmente, os estudos prevêm atender 90% da população (Guimarães, 2000 b).

A literatura pouco informa sobre a individualidade no trabalho, estilo de trabalho e sua relação com os distúrbios ocupacionais. Entre os poucos, Feuerstein (1996) comenta sobre o estilo de trabalho e uma possível relação com o aparecimento ou exacerbação de sintomas musculoesqueléticos relativos ao trabalho. Para ele, estilo de trabalho é um padrão individual de cognição, comportamento e “reatividade” fisiológica, que co-ocorrem enquanto as tarefas de trabalho são desempenhadas. Segundo Merleau-Ponty<sup>2</sup> apud

---

<sup>1</sup> Leiaute-arranjo físico dos equipamentos dentro do espaço construído- Lee, 1997.

<sup>2</sup> PONTY, M.M: Fenomenologia da percepção. SP: Freitas Bastos, (1971).

Lazzarotto (2001), a intencionalidade original dos movimentos humanos pode caracterizar a individualidade do ser humano.

## **1.1. OBJETIVOS**

Este trabalho de dissertação objetiva contribuir para o avanço de estudos na área de distúrbios relacionados com o trabalho, focando a relação entre o estilo de trabalho e as questões biomecânicas envolvidas em trabalhos de montagem de precisão. Para tanto, descreve alguns aspectos de uma intervenção macroergonômica realizada pelo LOPP/PPGEP/ UFRGS em uma empresa montadora de medidores de energia elétrica situada em Cachoeirinha, RS. Dentro do enfoque macroergonômico, foi feita uma análise do trabalho e efetuadas mudanças no sistema de produção, no desenho do próprio produto, nos postos de trabalho e ambiente físico da fábrica a fim de promover melhorias ergonômicas e de produtividade.

Apesar da abrangência da intervenção realizada, o enfoque prioritário deste trabalho não é uma análise detalhada da intervenção. O objetivo é analisar as questões relacionadas aos movimentos realizados e ao estilo de trabalho de montadores de um modelo de medidor elétrico, no novo sistema de produção, a fim de gerar informações que venham a ser úteis na concepção de produtos e de processos de montagem de precisão. Tendo em vista a falta de dados relacionados ao posto de montagem e medidor antigos, não foi possível efetuar uma comparação entre as fases pré- e pós-intervenção ergonômica.

De modo a atingir o objetivo principal, fez-se uma análise dos movimentos que mais ocorrem quando da montagem de manejo fino, usando conceitos de cinesiologia e algumas regras da ergonomia sobre o trabalho de precisão (Grandjean, 1998). Foram levantados todos os movimentos, realizados pelo punho, identificando-se quais os mais danosos à saúde. Não foi levado em conta a repetitividade de movimentos nem o uso de força mas, sim, o estilo de trabalho. Foi também analisado o modo como ocorre o aprendizado no trabalho de precisão, ou seja, quanto tempo uma pessoa leva para “engramar”, ou seja, automatizar um movimento ou um gesto para realização de uma atividade.

A partir daí, foi feita uma relação entre a melhor maneira para se montar os medidores sem que esses movimentos sejam danosos à articulação do punho.

Neste trabalho, não foi usado nenhum equipamento para verificar o esforço muscular e, assim, verificar quais posturas poderiam gerar mais lesão. Não se fez uso de eletromiografia de superfície porque, durante o processo de montagem do medidor, realizam-se muitos movimentos e, sendo a articulação do punho “multimuscular”, não haveria como prever qual gesto o operador vai realizar e, assim, monitorar as trocas de grupos musculares quando se variam os movimentos. Também não se fez uso de cinemetria pela falta de acesso a um laboratório de biomecânica.

## **1.2. HIPÓTESES**

As hipóteses desse trabalho são as seguintes: I) os modos operantes variavam entre os indivíduos em função das características dos mesmos (tais como idade, *expertise* e sexo); II) o estilo de trabalho de um indivíduo era influenciado pelo modo operante de seu treinador; III) os modos operantes dos funcionários variavam do prescrito; IV) as mesmas posturas ocorriam nas mesmas etapas e com mais de um indivíduo, sendo, portanto relativas ao posto ou produto.

## **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos além desta introdução. No segundo capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos que podem contribuir para o modo operante (estilo de trabalho) das pessoas.

No terceiro capítulo, é apresentada uma revisão da literatura sobre a ocorrência de DORT em situações de montagem de precisão em sistemas de produção tradicionais que exigem alto índice de produtividade e desgaste excessivo do trabalhador. Neste capítulo são apresentados os aspectos relacionados à cinesiologia das articulações do punho e da mão.

No quarto capítulo, é apresentada a empresa onde foi desenvolvido o estudo, o sistema de produção vigente, o design do medidor antes e depois da intervenção ergonômica, bem como as alterações efetuadas no sistema de produção, no posto de trabalho e no medidor.

No quinto capítulo, são apresentados os materiais e métodos utilizados para a obtenção dos resultados.

Com base na revisão feita nos capítulos anteriores, no sexto capítulo são apresentados os resultados obtidos e é feita uma discussão sobre a importância de se manter a

individualidade das pessoas quando da concepção do trabalho. O capítulo 7 apresenta a conclusão geral do trabalho.

## **CAPÍTULO 2 – FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MODOS OPERANTES**

Em sistemas de montagem, assim como em qualquer subsistema de manufatura, existem fatores que influenciam a maneira do operador realizar suas atividades. Entre esses fatores, estão o posto de trabalho, a organização do trabalho, o leiaute, o design de produto e a forma de treinamento dos funcionários. No entanto, geralmente estes fatores não são levados em consideração de maneira integrada, ou seja, conjunta quando do projeto, aplicação e avaliação destes sistemas.

Segundo Guimarães (2000 b), dentro de um enfoque tradicional da produção, a análise de posto de trabalho é baseada nos princípios de economia de tempos e movimentos e se preocupa basicamente com a redução no tempo gasto nas operações. O enfoque ergonômico tradicional do posto de trabalho colabora com o enfoque da produção quando objetiva a economia de movimentos pela análise da postura.

A análise dos postos de trabalho feita sob o enfoque tradicional segue os seguintes passos (Iida, 1998):

1. Desenvolvimento de um método preferido: para desenvolver o método preferido, o analista deve: a) definir o objetivo da operação; b) descrever as diversas alternativas de métodos para se alcançar o objetivo; c) testar essas alternativas; e d) selecionar o método que melhor atenda ao objetivo.
2. Preparação do método-padrão: O método preferido deve ser registrado para se converter em padrão, ou seja, ser implantado em toda a fábrica. Para isso, deve-se: (a) realizar uma descrição detalhada do método, especificando os movimentos necessários e a seqüência dos mesmos; (b) fazer um desenho esquemático do posto de trabalho, mostrando o posicionamento das peças, ferramentas e máquinas, com as respectivas dimensões; (c) listar as condições ambientais ou outros fatores que podem afetar o desempenho (iluminação, calor, gases, poeiras).
3. Determinação do tempo-padrão: é o tempo necessário para que um operário experiente execute a tarefa usando o método padrão, incluindo-se aí as esperas, ineficiências de

processo produtivo e as tolerâncias para fadiga, que dependem da carga de trabalho e das condições ambientais.

Dentro do enfoque tradicional, Barnes<sup>3</sup> apud Iida (1990) sugere os princípios de economia de movimentos que abrangem 3 etapas:

### **1ª Etapa: Uso do corpo humano**

- As duas mãos devem iniciar e terminar os movimentos no mesmo instante;
- As duas mãos devem ficar inativas ao mesmo tempo;
- Os braços devem mover-se em direções opostas e simétricas;
- Devem ser usados movimentos manuais mais simples;
- Deve-se usar quantidade de movimento (massa X velocidade) ajudando o esforço muscular;
- Deve-se usar movimentos suaves, curvos e retilíneos das mãos (evitar mudanças bruscas de direção);
- Os movimentos “balísticos” ou “soltos” são mais fáceis e precisos que os controlados;
- O trabalho deve seguir uma ordem compatível com o ritmo suave e natural do corpo;
- As necessidades de acompanhamento visual devem ser reduzidas.

### **2ª Etapa: Arranjo do posto de trabalho**

- As ferramentas e materiais devem ficar em locais fixos;
- As ferramentas, materiais e controles devem localizar-se perto dos locais de uso;
- Os materiais devem ser alimentados por gravidade até o local de uso;
- As peças acabadas devem ser retiradas por gravidade;
- Materiais e ferramentas devem localizar-se na mesma seqüência de uso;

---

<sup>3</sup> Barnes, R. – Estudo de Movimentos e Tempos. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda, 1977. 636 pp.

- A iluminação deve permitir o trabalho de pé, alternado com o trabalho sentado;
- Cada trabalhador deve dispor de uma cadeira que possibilite uma boa postura.

### **3ª Etapa: Projeto das ferramentas e do equipamento**

- As mãos devem ser substituídas por dispositivos, gabaritos ou mecanismos acionados por pedal;
- Deve-se combinar a ação de duas ou mais ferramentas;
- As ferramentas e os materiais devem ser pré-posicionados;
- As cargas, no trabalho com os dedos, devem ser distribuídas de acordo com as capacidades de cada dedo;
- Os controles, alavancas e volantes devem ser manipulados com alteração mínima da postura do corpo e com a maior vantagem mecânica.

Ellis <sup>4</sup> apud Grandjean (1998) também contribui para as regras de tempos e movimentos, quando sugere que a velocidade máxima de trabalho manual, executado em frente ao corpo, é alcançada quando: o cotovelo está baixo, e o braço está dobrado em ângulo reto

Já Tichauer <sup>5</sup> apud Grandjean, (1998) acrescenta que braços em ângulo lateral de 45° exigem posturas de correção dos ombros, devido, provavelmente, a assentos baixos.

Schmidtke e Stier<sup>6</sup> apud Grandjean, (1998) concluíram que a velocidade de movimento horizontal da mão direita

---

<sup>4</sup> ELLIS, D.S.: Speed of manipulative performance as a function of worksurface height. *Journal of Applied Psychology*, 35. 289- 296 (1951).

<sup>5</sup> TICHAUER, E.R.: Occupational Biomechanics. Rehabilitation Monograph No. 51, New York University, Center for Safety (1975).

<sup>6</sup> SCHMIDTKE, H. und STIER, F.: Der Aufbau Komplexer Bewegungsbläufe aus Elementarbewegungen. *Forschungsbericht des Landes Nordrhein-westfalen*, Nr. 822, Westdeutscher verlag, Köln un Opladen (1960).

- é maior a 45° à direita
- é menor a 45° à esquerda

São as seguintes as forças máximas da mão, em trabalho sentado, segundo Caldwell<sup>7</sup> apud Grandjean, (1998)

- mão em pronação = 180 N
- mão em supinação = 110 N
- opera melhor a 30 cm do eixo do corpo
- maior força para empurrar para baixo = 160 N
- força de empurrar = 600 N ( a 50 cm do corpo)
- força de puxar = 360 N (a 70 cm do corpo)

Dentro do enfoque tradicional, atenta-se para o fato de que movimentos de precisão são mais rápidos e precisos quando a maior parte do movimento é executado pelo antebraço/mão e quando não há necessidade de sustentar o braço (existência de apoio, boa superfície de trabalho) (Guimarães, 2000 d).

Segundo McCormick<sup>8</sup> apud Guimarães (2000 d) movimentos de ajustagem com a mão direita são mais rápidos e precisos quando:

- efetuado da direita para a esquerda;
- efetuado com movimento de dentro para fora;
- alvo está a 60° em diagonal para frente (em relação à linha vertical do corpo).

Barnes<sup>9</sup> apud Guimarães (2000 d) observou que a precisão diminui com aumento da distância, conforme quadro 1.

---

<sup>7</sup> CALDWELL, L.S.: The Effect os the special position of control on the strength of six linear hand movements. U.S. Army Medical Research Laboratory, Fort Knox, Kentucky, Report Nr. 411 (1959).

<sup>8</sup> MCCORNICK, E.J.: Human Factors Engineering. Third Edition. Mc Graw-Hill, Book company, New York, (1970).

Quadro 1: Distância X tempo de prensão.

Distância (cm)	Tempo de prensão (%)
13	100
26	115
39	125

Fonte: Grandjean 1998.

Grandjean (1998) propõe regras para facilitar o trabalho de precisão:

1. O campo de trabalho deve favorecer uma postura com o cotovelo para baixo e o antebraço a um ângulo de 85 a 110°;
2. O campo de trabalho para trabalhos de precisão deve ser mais elevado para facilitar a visão, enquanto os cotovelos devem estar para baixo, a cabeça e a nuca levemente inclinados e os braços apoiados;
3. Trabalhos de força e precisão não devem estar juntos, pois ocorrem mais dificuldades, porque músculos com carga pesada de trabalho devido grande massa muscular não são fáceis de controlar, portanto não são bons em trabalhos de precisão e músculos usados para atividades de precisão não são indicados para trabalhos em que grandes massas musculares são fundamentais;
4. Poupar as mãos de trabalhos colaterais facilita a concentração para a destreza manual. Por este motivo, é recomendável suportes para as peças a serem trabalhadas que sejam posicionadas na máquina por meio de pedal que também deve ser o meio de ligar e desligar a máquina. Para o fornecimento de peças para a montagem e a remoção das peças prontas é aconselhável o uso de esteiras deslizantes;
5. A ordenação do objeto do trabalho, das peças e dos controles deve estar orientada para um fluxo contínuo e rítmico de movimentos;

---

<sup>9</sup> BARNES, R.M. An investigation of some hand motions in factory work. University of Iowa city, Studies in Engineering, Bulletin 6, (1936).

6. Ritmo de trabalho livre é superior a qualquer tipo de ritmo pré-determinado (compasso ou trabalho controlado pelo tempo, esteira rolante). O gasto de energia é menor quando a pessoa encontra seu próprio ritmo;
7. O campo de trabalho para atividades que exijam o uso das duas mãos deve se estender muito pouco para os lados de forma a garantir o melhor controle visual, e o uso de força deve ser igual para ambas as mãos;
8. O movimento de antebraço e das mãos alcançam a maior destreza (velocidade e precisão) em movimentos em um arco de 45 a 60°, contando-se a partir de uma vertical frontal. Melhor âmbito de preensão e de trabalho: 2/3 do alcance máximo, em um raio de 35 a 45 cm do cotovelo abaixado;
9. Movimentos horizontais são mais fáceis de dosar do que os verticais; movimentos circulares são mais fáceis de controlar que movimentos de zigue-zague. As operações devem terminar em um ponto que seja confortável ao início de outra operação;
10. As manivelas e elementos de controles devem ter forma adaptada à anatomia da mão e o seu uso deve permitir a posição da mão ao longo do eixo longitudinal do antebraço;

Quando a análise do posto de trabalho é feita com um enfoque ergonômico tradicional, é possível rever os postos de trabalho a fim de reduzir exigências biomecânicas, colocando o operador em posturas de trabalho confortáveis e os objetos dentro da área de alcance dos movimentos corporais. Durante o dimensionamento do posto de trabalho, deve-se considerar o arranjo físico do posto de trabalho, ou seja, a distribuição espacial e o posicionamento dos elementos que compõem o posto de trabalho (Iida, 1998). O arranjo do posto pode ser do tipo: a) por equipamento, controles; b) agrupamento funcional; c) seqüência de uso; d) intensidade de fluxo; e e) ligações preferenciais. A escolha desses critérios variam com cada caso. Outra questão fundamental é o dimensionamento do posto de trabalho pois a manutenção de uma mesma postura por muito tempo e a ocorrência de movimentos inadequados são muitas vezes constrangimentos impostos pelo mau dimensionamento do posto de trabalho. A antropometria é uma ferramenta que serve de suporte à ergonomia para o planejamento de postos de trabalho e mobiliários adequados ao tamanho dos usuários. As tabelas antropométricas apresentam percentis que expressam porcentagem de pessoas pertencentes a uma dada população que têm determinada dimensão

corporal. Os percentis extremos geralmente utilizados em projetos são o 5 (mínimo) e o 95 (máximo), de modo que 90% da população possa ser contemplada no projeto (Panero et al., 1983).

## 2.1. LEIAUTE

A preocupação com o dimensionamento/projeto do posto de trabalho é uma preocupação básica em ergonomia. Todavia, na maioria das vezes, melhorias focadas somente no posto não resolvem os problemas de ergonomia. Deve-se pensar, também, no leiaute da planta e na organização do trabalho (Guimarães, 2000 b).

Por leiaute, entende-se o arranjo das máquinas e equipamentos dentro do espaço construído (no contexto deste trabalho, a fábrica) – de modo a otimizar o uso do espaço (Lee, 1997). Segundo Black (1998), este arranjo “define o projeto básico do sistema fabril”.

Segundo Dias (1998), são cinco os tipos de leiaute que podem ser identificados: leiaute funcional (*job shop*), leiaute em linha (*flow shop*), leiaute de posição fixa (*project shop*), leiaute de processo contínuo e leiaute célula, descritos a seguir e dando ênfase aos leiautes linear e celular que foram os tipos de leiaute verificados nesse estudo de caso:

A) Leiaute funcional: neste tipo de leiaute, as máquinas são agrupadas por função e todas as peças fluem para as máquinas em pequenos lotes. Este leiaute possibilita a produção de uma grande variedade de componentes (Black, 1998).

B) Leiaute de posição fixa (*project shop*): neste tipo, os componentes a serem fabricados ficam fixos e os trabalhadores, máquinas e materiais é que fluem para o local de trabalho. Consiste em um típico sistema de manufatura por projeto (Black, 1998).

C) Leiaute de processo contínuo: o processo contínuo lida primariamente com líquidos, pós e gases (refinarias de petróleo) (Black, 1998).

D) Leiaute em linha: este tipo de leiaute tem uma disposição física orientada para o produto. As linhas são orientadas para operar na velocidade mais rápida possível, em grandes volumes, quando não há grande variação nos processos de fabricação dos seus produtos. No sistema de manufatura do leiaute em linha, as instalações são organizadas de acordo com as seqüências de operações do produto. A linha é organizada pela seqüência de processo necessária para fabricar um único produto ou uma combinação (*mix*) regular de

produtos (Black, 1998). O leiaute em linha apresenta como vantagens: fluxo lógico e suave em pequenos espaços, baixos estoques intermediários, pouca movimentação e manuseio de peças/ materiais, tarefas simples, requer pouco treinamento de pessoal, planejamento e controle da produção é simplificado. Como limitações do sistema linear citam-se: (a) a quebra de máquina pode parar o sistema, (b) as mudanças de produto exigem grandes mudanças no leiaute, (c) os gargalos de produção exercem grande efeito no sistema e linhas múltiplas requerem duplicação de máquinas (Dias, 2000).

E) Leiaute celular: composto de células de produção ou montagem interligadas por um sistema de programação e controle puxado (fluxo de informações é contrário ao fluxo dos produtos na fábrica) da produção. A célula normalmente é composta por todas as operações para fabricação completa de um componente ou peça. Nas células, as operações são agrupadas de acordo com a sequência de produção que é necessária para fazer um grupo de produtos. O trabalhador móvel e multifuncional é elemento chave no projeto de células manuais. As células de montagem, na grande maioria das vezes, são totalmente manuais, ou seja, o processo não ocorre sem o operador. A característica chave do sistema de manufatura celular é a flexibilidade, isto é, 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 leiaute celular apresenta as seguintes vantagens: grande utilização de equipamentos e baixa ociosidade.

O leiaute em linha, por favorecer uma produção com grandes volumes, usa de um trabalho onde as tarefas são realizadas de maneira parcializada, repetitiva e mais simples. Segundo Black (1998), “muitas habilidades de produção são transferidas do operador para a máquina, resultando em menores níveis de habilidade para o trabalho manual (...)”. A grande parcialização e a simplificação das tarefas levam ao aumento da produtividade, que é o princípio da divisão do trabalho (Shingo, 1996). Segundo Iida, (1998) atividades repetitivas, muitas vezes, são as responsáveis pela monotonia e insatisfação dos trabalhadores.

Já o leiaute celular, por normalmente agrupar várias atividades em uma única célula fazendo com que o operador conheça todo o processo e tornando-o multifuncional, faz com que o trabalho se torne menos repetitivo. Quando, por exemplo, se realiza a atividade de

aparafusamento, é exigida uma musculatura específica. Num sistema produtivo em linha, é comum que essa atividade seja desenvolvida por um único operador, vindo esse movimento a ocorrer repetidas vezes levando a um desgaste da musculatura e posterior trauma cumulativo. Isso não ocorre num leiaute celular em que ocorre maior alternância de grupos musculares, visto que um mesmo funcionário realiza mais tarefas.

## **2.2. PRODUTO**

O design do posto e do leiaute não são suficientes para otimizar o trabalho de manufatura.

O desenho do produto sob fabricação também interfere na maneira como o operador vai fabricá-lo.

“Produtos são projetados para serem usados por pessoas. São pessoas que o fabricam, o transportam, o instalam, o mantêm, o usam, o limpam e finalmente o sucateiam ou reciclam” (Sell, 2000). Portanto, o projeto ergonômico de um produto deve focar não somente o usuário final, mas também o seu usuário interno, ou seja, a pessoa que o fabrica. Dentro do projeto de um produto, devem ser incorporadas características que facilitem a fabricação pelo usuário interno e utilização/manutenção pelo usuário final. Dentro do projeto de um produto, é importante considerar as características, capacidades, habilidades, aptidões e as limitações das pessoas que possivelmente entrarão em contato direto (usuário, operador) ou indireto (terceiro que pode ser afetado) com o produto.

Visando facilitar o manuseio na fabricação e montagem de produtos, encontram-se, na literatura, ferramentas como o Design para Montagem (DFA) que fornece um procedimento sistemático para avaliar e melhorar o desenho de um produto, tanto nos seus aspectos econômicos quanto de fabricação; e o Design para Desmontagem (DFD) que enfoca, no projeto de produto, regras para facilitar a desmontagem.

Tendo em vista que o objeto de estudo desta dissertação é a montagem de medidores elétricos, será dada atenção especial ao DFA. Como o trabalho desenvolvido foi em um setor de montagem manual, as regras abordadas serão somente aquelas que se referem ao processo de montagem manual e que tem relação com a montagem do medidor de energia elétrica considerado no estudo de caso.

### 2.2.1. Design For Assembly - DFA

De acordo com o Boothroyd et al., (1989), o DFA visa eliminar o foco somente no produto, enfocando, também, custo e competitividade. O DFA visa economizar tanto no custo da produção, como no custo das peças; gerar informações e estabelecer dados que consistem nos tempos de produção e custo. A análise do desenho de um produto, para facilitar sua produção, vai depender do modo como ele vai ser fabricado, ou seja, manual ou por processo automatizado.

A preocupação maior do método é basicamente a redução de custos e de tempos de montagem. De acordo com este método, o processo de montagem manual pode ser dividido em duas áreas distintas: manuseio (adquirir, orientar e mover as peças) e inserção e união (juntar uma peça com outra ou com grupo de peças).

Para um fácil manuseio, um designer de produto deve tentar:

- Desenhar peças com simetria de ponta à ponta e simetria rotacional sobre o eixo de inserção;
- Desenhar peças que, quando não podem ser feitas simetricamente, têm partes obviamente assimétricas;
- Fornecer características que irão prevenir “emperramento” de peças que tendem a se prender quando guardadas em grandes volumes;
- Evitar características que permitam o nó de peças que engancham;
- Evitar peças que colam umas nas outras, ou são escorregadias, delicadas, flexíveis, muito pequenas, muito grandes ou que sejam perigosas (p.ex. afiadas) para quem as manuseia.

Para uma fácil inserção, um designer de produto deve tentar:

- Desenhar peças de modo que haja pouca ou nenhuma resistência para inserção e fornecer guias para a inserção de duas peças;
- Padronizar usando peças, processos e métodos comuns para todos os modelos;

- Usar montagem em pirâmide que permite montagem progressiva sobre um eixo de referência. Em geral, é melhor montar de cima para baixo;
- Evitar a necessidade de segurar as partes dos componentes para manter sua orientação durante a manipulação de submontagens ou durante a colocação de outra peça;
- Desenhar de modo que a peça precise ser centralizada antes de ser solta;
- Quando “conectores” são usados, considerar que há uma ordem de custos relativos aos diferentes processos de união:
  - ajuste com pressão;
  - deformação plástica;
  - rebite;
  - aparafusamento;
- Evitar a necessidade de repor as partes que já foram montadas na peça

Por serem regras gerais, elas são insuficientes para se desenhar um produto, pois não fornecem meios de avaliação da qualidade e nem um escore relativo de todos os guias que podem ser usados pelo designer para indicar qual deles resultam em melhorias no manuseio e montagem. Algumas abordagens do DFA usam medidas de eficiência de produção na forma de sistemas padrões de tempo de montagem que é calculado dividindo o tempo mínimo de montagem pelo tempo efetivo de execução para um dado produto.

O sistema de classificação para manuseio de componentes é elaborado a partir das características das peças e dos níveis de dificuldade de manuseio. As características das peças que afetam o tempo do manuseio segundo algumas abordagens DFA são tamanho, espessura, peso, fragilidade, flexibilidade, fluidez, aderência, necessidade de usar duas mãos, necessidade de ferramentas para agarrar, necessidade de instrumentos óticos e necessidade de assistência mecânica.

O sistema de classificação de inserção manual refere-se à interação entre as peças desordenadas quando elas entram em contato e ficam unidas. As características que, segundo o DFA, afetam a inserção manual e tempos de união são acesso ao local da

montagem, facilidade de operação da ferramenta, visibilidade do local da montagem, facilidade de alinhamento e posicionamento durante a montagem, profundidade da inserção.

Características de geometria das peças que influenciam nos tempos de montagem:

- Simetria da peça:

A simetria é uma das características que mais afeta os tempos necessários para segurar e orientar uma peça. O alinhamento da peça a ser inserida na peça receptáculo envolve o alinhamento do eixo da peça e a rotação da peça em torno do eixo (Boothroyd et al., 1989).

- Espessura da peça e tamanho na hora do manuseio:

A espessura de uma peça cilíndrica é definida por seu raio, enquanto para peças não cilíndricas a espessura é definida como a altura máxima da peça com sua menor dimensão estendida de uma superfície plana. Peças cilíndricas são definidas como peças tendo cortes regulares e cilíndricos, com cinco ou mais lados. Quando o diâmetro de tal peça é maior ou igual ao seu comprimento, a peça é tratada como não cilíndrica.

O tamanho de uma peça é definido como a maior dimensão não - diagonal do contorno da peça quando projetada sobre uma superfície plana. É normalmente o comprimento da peça.

Peças maiores têm pouca variação de tempo de manuseio; já peças médias ou pequenas mostram uma sensibilidade maior em função dos seus tamanhos. Peças muito pequenas envolvem um maior tempo de manuseio e exigem uso de pinças.

- Efeito do peso no tempo de manuseio:

O aumento de peso na hora do manuseio leva a um adicional de tempo no DFA.

- Peças que requerem duas mãos para manipulação:

Segundo o DFA, o manuseio exige duas mãos quando as peças são pesadas, quando o manuseio é preciso e delicado, a peça é grande ou flexível, ou a peça não possui pega. Nessas condições, a penalidade aumenta, porque as duas mãos ficam ocupadas na mesma operação.

- Efeito da combinação de fatores:

Vários fatores que afetam o tempo de manuseio são considerados, entretanto esses fatores não necessariamente sofrem penalidades adicionais. Ex: se uma peça requer tempo adicional para movê-la de A para B, ela pode ser orientada durante o movimento.

- Efeito da simetria para peças que se engancham ou enredam e requerem pinças para agarrar e manipular:

São necessárias pinças quando:

A espessura é muito pequena e dificulta a preensão com os dedos;

A visão é obscura e fica difícil pré-posicionar, devido ao tamanho muito pequeno;

Quando é indesejável tocar a peça por causa da alta temperatura;

Quando os dedos não conseguem acessar o local desejado.

Quando os fatores citados acima ocorrem, uma peça apresenta maior tendência a enredar-se, gerando então, um tempo de 1,5 s ou mais no cálculo do tempo de montagem.

Em geral, são necessárias as duas mãos para separar peças enredadas, enganchadas, molas hélicas com extremidades abertas e espirais.

Normalmente, a orientação usando as mãos leva menos tempo do que quando se usa pinças, portanto, montagens que exigem o uso de pinças devem ser evitadas.

- Reduzindo problemas de montagem de discos:

Quando uma operação de montagem pede a inserção de uma peça em forma de disco em um buraco, normalmente deve-se cuidar e evitar o emperramento, comum de acontecer.

Equipamentos para facilitar o manuseio podem prevenir que a peça emperre, mas uma solução mais simples é analisar todas as dimensões da peça antes de começar a produzir.

- Efeitos de segurar a peça com as mãos direcionando:

Quando as peças estão instáveis, após inserimento ou operações subsequentes é necessário segurar e direcionar com as mãos. É definido como um processo que, se necessário, mantenha a posição e a orientação das peças já no lugar, antes ou durante operações subsequentes. O tempo levado para inserir um pino verticalmente através de um buraco em uma ou duas peças empilhadas pode ser expressado por um resumo do tempo básico (tb) e

um tempo com penalidade ( $t_p$ ). O tempo básico é o tempo para inserir o pino quando as peças estão pré alinhadas e auto localizadas. Quando isso não ocorre, é acrescida uma penalidade de tempo.

As penalidades de tempo podem ser determinadas pelas seguintes condições:

- Quando peças fáceis de alinhar, foram alinhadas e requerem que as segure;
- Quando peças difíceis de alinhar, foram alinhadas e requerem que as segure;
- Quando peças difíceis de alinhar requerem alinhamento e que sejam seguras;

Esquemas e folha de dados para classificação e padrões de tempo do DFA :

O desenvolvimento de esquemas de classificação e padrões de tempo apresentados pelo DFA, foi obtido a partir do tempo médio estimado em segundos para completar a operação. Os tempos de montagem são relacionados com as características da peça, e os acréscimos de tempo são dados em função de um escore sugerido pelo DFA.

Outros estudos como o de Hellander et al., (1999) sugerem que ferramentas como DFA no projeto de produto podem contribuir nos processos de montagem manual, beneficiando com isto os fatores humanos. Hellander e et al., (1999) apresentam princípios de design para montagem pelo ser humano, o DHA. O DHA considera que existem três seqüências de tempo usadas na informação e execução das tarefas: a) percepção, b) decisão, e c) manipulação. Esses princípios são importantes quando do projeto de um produto que irá ser fabricado pelo homem.

Segundo Hellander et al., (1999) é possível entender os requisitos e capacidades do operador humano de acordo com as três etapas e propor princípios para facilitar a montagem manual e reduzir tempo de montagem. No quadro 2, apresenta-se os princípios do DHA.

Quadro 2: Princípios do design para montagem pelo ser humano.

<b>Porque</b>	<b>O que</b>	<b>como</b>
<b>Minimizar tempo de percepção</b>	Partes visíveis	Nada escondido
	Discriminação visual	Tamanho, cor
	Discriminação tátil	Textura, tamanho
<b>Minimizar tempo de decisão</b>	Facilite a formação de modelo mental	Partes visíveis
	Reduzir tempo reação de decisão	Minimizar número de partes
	Compatibilidade espacial	disposição de elementos associados
	Retorno visual, auditivo e tátil	A montagem parece diferente, sinal auditivo e tátil
<b>Minimizar tempo de manipulação</b>	Facilidade de manipulação	Dispositivo para segurar as partes, partes que são fáceis de pegar e que não engancham e os fasteners e que são fáceis de usar
	Compatibilidade e constrangimentos físicos	Partes que se acomodam por si só, aumento de tolerâncias
	Design para Transferência de treinamento	Novo produto igual ao antigo

Fonte: Hellander, 1999.

## 2.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O fato das pessoas passarem a maior parte do tempo em locais de trabalho vem despertando um maior interesse para desenvolvimento de estudos quanto às questões associadas à saúde física e mental dos trabalhadores (Lima et al., 1998). Sem dúvida, a adequação do ambiente de trabalho bem como a organização do trabalho aos sistemas produtivos estão diretamente ligados com a saúde do trabalhador.

Independentemente dos critérios adotados, a ergonomia, diferentemente da engenharia, considera a análise da tarefa como ponto de partida da avaliação do trabalho.

Segundo Iida (1998), uma tarefa pode ser definida como sendo um conjunto de ações humanas que torna possível um sistema atingir o seu objetivo. A análise da tarefa realiza-se em dois níveis: em um primeiro mais global de descrição da tarefa, e em um nível mais detalhado que engloba a descrição das ações. A descrição das tarefas envolve, segundo Iida (1998):

- Objetivo: Para que serve a tarefa; o que será executado ou produzido; em que quantidades e com que qualidades;
- Operador: que tipo de pessoa trabalhará no posto; se haverá predominância de homens e mulheres; graus de instrução e treinamento; experiência anterior; faixas etárias, habilidades especiais; dimensões antropométricas;
- Características técnicas: quais serão as maquinarias e materiais envolvidos; o que será comprado de fornecedores externos e o que será produzido internamente; flexibilidade e graus de adaptação das máquinas, equipamentos e materiais;
- Aplicações: Onde será usado o posto de trabalho, localização do posto dentro do sistema produtivo; uso isolado ou integrado a uma linha de produção; sistemas de transporte de materiais e de manutenção; quantos postos idênticos serão produzidos; qual é a duração prevista da tarefa (meses, anos ou unidades de peças a produzir);
- Condições operacionais: como vai trabalhar o operador; tipos de postura (sentado, em pé); esforços físicos e condições desconfortáveis; riscos de acidentes; uso de equipamentos de proteção individual;

- Condições ambientais: como será o ambiente físico em torno do posto de trabalho (temperatura, ruído, vibrações, emanações de gases, umidade, ventilação, iluminação, uso de cores no ambiente);
- Condições organizacionais: como será a organização do trabalho e as condições sociais: horários, turnos, trabalho em grupo, chefia, alimentação, remuneração, carreira.

Para Iida (1998), a descrição das ações pode ser mais detalhada, já que se concentra mais nas características que influem no projeto da interface homem-máquina e se classificam em informações e controles:

- Informações: canal sensorial envolvido (auditivo, visual, cinestésico); tipos de sinais; características de sinais (intensidade, forma, frequência, duração); tipos e características dos dispositivos de informação (luzes, som, “displays” visuais, mostradores digitais e/ou analógicos).
- Controles: tipo de movimento corporal exigido; membros envolvidos no movimento; alcances manuais; características dos movimentos (velocidade, força, precisão, duração); tipos e características dos instrumentos de controle (botões, alavancas, volantes e pedais).

Alguns autores da ergonomia francesa utilizam o termo tarefa para o trabalho prescrito e o termo atividade para o trabalho real comportamento/ desempenho do operador. Nesta dissertação, usar-se-á as definições de Laville (1976) e da maioria dos autores da ergonomia anglo-saxônica, que usam o termo tarefa (*task*) para a meta a ser atingida (quer como definida no prescrito ou realizada na realidade) a qual pode compreender várias atividades. As atividades realizadas são o conjunto de operações e ações que o trabalhador executa para realizar a sua tarefa. Nesta dissertação, o alvo do estudo de caso é a tarefa de montagem do medidor de energia elétrica, e as atividades são as etapas de montagem do medidor, conforme será apresentada no capítulo de estudo de caso.

A análise da tarefa deve ser feita sob condições reais de trabalho. Isto é, o trabalho descrito deve ser analisado, pois mostra a realidade do que o operador realiza. Segundo Oliveira, (2001) ocorrem regras não escritas, criadas pelo coletivo dos operadores, para atingir algumas metas, condutas, mesmo que transgridam outras normas e condutas.

Para Valentim (1987)<sup>10</sup> apud Moraes et al., (1998), dos desvios entre o prescrito e o real nascem os procedimentos de regulação que são freqüentemente custosos – seja para os operadores (dificuldades de aprendizagem, fadiga, etc), seja para a empresa (tempos perdidos, perda de matérias-primas, falta de conformidade na qualidade). O ergonomista analisa estas dificuldades para propor os arranjos que permitirão uma melhor adaptação do trabalho ao homem.

### **2.3.1. Questões individuais e a organização do trabalho**

Durante a análise da tarefa, o ergonomista verifica a maneira como o empregado realiza suas atividades, ou seja, quais os gestos e movimentos que mais ocorrem. Para Sperandio (1988)<sup>11</sup> apud Moraes et al., (1998), distingue-se classicamente dois níveis de análise do trabalho: *análise da tarefa*, descritiva e diagnóstica, e *análise das condutas operatórias*, que visa conhecer as regras de funcionamento do operador. Mas, logicamente, a análise das condutas operatórias deve sempre ser precedida de uma análise da tarefa. Os modos operantes ou estilo de trabalho nada mais são que características individuais quando da realização da tarefa, ou seja, são as condutas operatórias definidas como a maneira como o operador realiza suas tarefas.

Segundo Oliveira (2001) os modos operatórios são construídos pela regulação, pelo homem, diante de determinantes e condicionantes como conhecimentos, condições físicas e mentais para atingir os objetivos da tarefa, bem como o estado de saúde e estado emocional. Para Wisner (1994) todo o indivíduo chega ao trabalho com seu capital genético, remontando o conjunto de sua história patológica a antes do nascimento, a sua existência in útero, e com as marcas acumuladas das agressões físicas e mentais sofridas na

---

<sup>10</sup> VALENTIM, Annete; LUCONGSANG, Raymond. L'ergonomie des logiciels. Paris, Anact, 1987. 118 p.

<sup>11</sup> SPERANDIO, Jean-Claude. L'ergonomie du travail mental. Paris, Masson, 1988. 140.

vida. Ele traz também seu modo de vida, seus costumes pessoais e étnicos, seus aprendizados. Tudo isto pesa no custo pessoal da situação de trabalho em que é colocado.

Além de variar com o indivíduo, os modos operantes variam, também, de acordo com a experiência de trabalho do funcionário. Benchekroun (2000), em sua pesquisa em uma padaria verificou que os funcionários mais antigos tinham um modo operante que garantia maior produção, menor custo ao trabalhador e menor ritmo de trabalho na hora de separar os pães.

O modo operante pode ter relação com os distúrbios relacionados ao trabalho apresentados por algumas pessoas. Segundo Feuerstein (1996) “o estilo de trabalho pode ser o fator diferencial entre funcionários que apresentam ou não algum tipo de sintoma proveniente de distúrbios ocupacionais”. O estilo de trabalho pode explicar aqueles casos em que num grupo onde várias pessoas realizam a mesma tarefa, no mesmo posto e com carga de trabalho igual, apenas alguns apresentam algum tipo de distúrbio nos membros superiores. Fatores como diferenças metabólicas predisponentes, atividades não relativas ao trabalho, diferenças anatômicas pré-existentes, condições médicas ou lesões prévias podem contribuir para o aparecimento dos sintomas, mas talvez um fator de diferenciação que é o estilo de trabalho, ou modos operantes, possa explicar o aparecimento ou não desses sintomas. Para Feuerstein (1996), são importantes algumas definições:

Estilo de trabalho é um padrão individual de comportamento, cognição e reações fisiológicas que co-ocorrem na realização da tarefa;

Estilo de trabalho pode estar associado com alterações no estado fisiológico que, seguindo repetidas conclusões, pode contribuir para o desenvolvimento, exacerbação e ou manutenção de sintomas musculoesqueléticos crônicos ou recorrentes relativos ao trabalho;

Diferentes estilos de trabalho associados com aumento da ocorrência de sintomas de membros superiores relativos ao trabalho, podem ser causados por uma grande demanda de trabalho percebida ou diretamente comunicada pelo supervisor. A necessidade de realização e aceitação, aumento do medo de desemprego, ou consequência negativa de treinamento inadequado ou impróprio, falta de consciência de que um estilo de trabalho em particular, pode ser potencialmente de alto risco, e ou gerado por questões de prazo.

Rajendra et al., (1995), em trabalho realizado com usuários de computador, verificou diferentes estilos no modo de teclar. Os mais comuns são o toque macio “estilo pianista” com as mãos flutuando em frente ao teclado; o tipo experiente com as mãos à frente do teclado; e o estilo “catador de milho”. Em seus estudos com eletromiografia, a contração voluntária máxima variou entre esses tipos.

Os tipos de personalidade também influenciam nos modos operantes. Glasscock et al., (1997) concluiu, com base em suas pesquisas com eletromiografia de superfície, que pessoas do tipo mais competitivas, agitadas, agressivas e impacientes apresentaram maior grau de atividade da musculatura antagonista (é o músculo que não se contrai, não auxilia e nem resiste ao movimento, apenas se alonga ou se encurta para o movimento ocorrer) quando da flexão do antebraço, do que pessoas do tipo menos competitivo.

Kilbom et al., (1987)<sup>12</sup> apud Feuerstein (1996) observaram, em estudos com trabalhadores de uma indústria eletrônica, que a técnica de trabalho adotada variava entre os trabalhadores. Foi observado, durante uma atividade de soldagem de circuitos eletrônicos, que as posturas variaram confirmando as diferenças nos modos operatórios adotados.

Em estudos realizados por Veiersted et al., (1990)<sup>13</sup> apud Feuerstein (1996) em indústria alimentícia, foram observadas variações nas posturas adotadas entre trabalhadores sintomáticos e assintomáticos. Os indivíduos com sintomas de dor e fadiga, durante a eletromiografia apresentaram altos níveis estáticos e menores pausas eletromiográficas (menor tempo de relaxamento), quando comparados com indivíduos assintomáticos.

---

<sup>12</sup> KILBOM, A. and PERSSON, J. Work Techniques and its consequences for Musculoskeletal Disorders, *Ergonomics*, 30, 272- 9. (1987).

<sup>13</sup> VEIERSTED, K. B., WESTGAARD, R. H. and ANDERSEN, P. Electromyographic Evaluation of Muscular Work Pattern as a Predictor of Trapezius Myalgia. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 19, 284-90,(1993).

### 2.3.2. Treinamento

Outra questão importante que pode influenciar na maneira que o operador realiza suas tarefas é o treinamento. O método utilizado para ensinar aos funcionários suas atividades influencia na maneira que o operador realiza suas tarefas, ou seja, no modo operante dos trabalhadores.

Antes do treinamento, a pessoa a ser contratada passa por um processo de seleção, onde são avaliadas suas habilidades para a realização da função, para depois, então, iniciar o processo de treinamento. A seleção de pessoal, tradicionalmente, parte do princípio que nem todos os trabalhadores são iguais e que, portanto, diferentes tipos de funções exigem diferentes habilidades de seus ocupantes. O processo de seleção serve para identificar as pessoas que tenham características individuais mais adequadas para determinadas tarefas (Iida, 1998).

Para Wickens et al., (1998), as bases para a formulação de um programa de seleção são a análise do trabalho para identificar as necessidades e exigências da tarefa e as respectivas aptidões, habilidades e conhecimentos essenciais implicados para sua realização, e a priorização destas aptidões, habilidades e conhecimentos. O principal foco da seleção é identificar os fatores reais (aptidões, habilidades e conhecimentos prévios) que permitam prever a performance futura de um indivíduo em determinado trabalho (Wickens et al., 1998).

No momento da seleção, cabe identificar quais pessoas terão maior probabilidade de ter sucesso em determinado trabalho. Ou seja, quais indivíduos apresentam os requisitos fundamentais dadas as necessidades e exigências da tarefa ou que mostram evidências de ter as aptidões, habilidades e conhecimentos básicos que, se desenvolvidas, conduzirão ao desempenho desejado.

Os procedimentos e testes de seleção mais comuns utilizados para acessar e mensurar as aptidões, habilidades e conhecimentos dos indivíduos são:

- teste para medir a habilidade cognitiva (ou habilidades de processamento de informações);
- teste para medir aptidões psicomotoras e habilidades físicas;
- teste para identificar a personalidade (mais popular);

- amostragem do trabalho: este método de seleção tem se mostrado satisfatório; consiste em submeter o indivíduo a uma atividade prática relacionada com o trabalho, como por exemplo, datilografar um texto no caso de seleção de secretária, pilotar um avião em ambiente de simulação para admissão de pilotos, apresentar uma filmagem do trabalho real para o indivíduo e questioná-lo em situações que implicam tomada de decisão;
- entrevistas estruturadas (consideradas deficientes).

Segundo Wickens et al., (1998), a combinação de procedimentos e testes para a seleção de pessoal tem se mostrado mais satisfatória que a utilização de um único recurso.

De acordo com Guimarães (2000 b) o treinamento melhora a experiência de qualquer pessoa, mas pode não ser suficiente para equiparar a qualidade de trabalho de duas pessoas. Alguns jamais serão muito bons em determinada função porque simplesmente não têm perfil para tal. O treinamento de pessoal sana problemas de despreparo para o trabalho, mas não atua na falta de adaptação.

Para Wickens et al., (1998), “o treinamento ainda é o centro dos esforços para aumentar o conhecimento e as habilidades dos trabalhadores”. Segundo estes mesmos autores, a maioria dos profissionais têm desenvolvido seus programas de treinamento com base no *Instructional System Design (ISD)*, modelo sistemático de projeto estruturado em 4 etapas: (a) análise da tarefa, (b) projeto, desenvolvimento e teste, (c) formalização do programa de treinamento e (d) avaliação final.

Gordon, (1994) <sup>14</sup> apud Wickens et al., (1998), modificou este modelo pela incorporação de métodos da psicologia cognitiva e de ergonomia. A estrutura original do modelo ISD foi mantida, sendo o diferencial os métodos incorporados à cada etapa.

A seguir, apresentam-se algumas considerações para o desenvolvimento de programas de treinamento, conforme Wickens et al., (1998).

- Conteúdo do treinamento: a primeira preocupação no tocante ao treinamento é o conteúdo deste treinamento. Para Wickens et al., (1998), a base para a definição do conteúdo do

---

<sup>14</sup> Gordon, S.E. – Systematic training program design: Maximizing effectiveness and minimizing liability. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, (1994).

treinamento é a análise do trabalho, à medida que conduz ao objetivo do trabalho e permite acessar as necessidades e exigências da tarefa e o tipo de conhecimento e habilidades requeridos para realizá-la;

- Fragmentação ou não do conteúdo do treinamento: diz respeito à distribuição do conteúdo no tempo. No caso de transferência de conhecimentos e de habilidades para a realização de tarefas complexas, por exemplo, estudos mostram que a fragmentação do conteúdo em subtarefas conduz a resultados satisfatórios se as atividades que compõem a tarefa são independentes entre si. Mas se as atividades ocorrem simultaneamente ou estão fortemente relacionadas, o conteúdo não deve ser fracionado. Os conhecimentos devem ser transferidos seqüencialmente e com foco no todo.
- Tipo de abordagem: teórica ou teórico-prática. “(...) o conhecimento teórico é quantitativamente diferente do conhecimento de procedimento. A prática é especialmente necessária para adquirir conhecimento tácito da tarefa” (Wickens et al., 1998).
- Automatização: é importante definir se o treinamento deverá ser conduzido para a automatização. Em trabalhos que implicam em carga cognitiva complexa e os trabalhadores realizam diferentes tarefas, por exemplo, os trabalhadores podem ser treinados até o nível do processo de automatização. Já no caso de treinamentos para situações de emergência, é recomendado a automatização. Vale lembrar que o processo de automatização ocorre somente quando um mesmo estímulo conduz a uma mesma resposta e que requer prática continuada (repetições).
- Tipo de técnica ou método para a transferência do conhecimento e/ou desenvolvimento de habilidades. Existem diferentes formas de ensinar as pessoas como executar uma tarefa: aulas expositivas, leituras, filmes educativos, ambiente de simulação, por exemplo. A questão reside em que “tipo de prática(s)” é a mais eficiente para aprender determinada tarefa. Estes autores apresentam vantagens e desvantagens de cada uma das formas de treinamento acima citadas. No caso de treinamentos de emergências e para trabalhos realizados sob condições de perigo, por exemplo, são indicados ambientes de simulação que reproduzam a situação real de trabalho com fidelidade (para evitar erros de acionamento, tomada de decisão, etc), inclusive com fatores psicológicos como o pânico e

o estresse. É recomendado, também, realizar o treinamento em tempo inferior ao tempo real de trabalho.

Os programas de treinamento devem ser avaliados por meios efetivos e periodicamente monitorados (Wickens et al., 1998). Uma forma simples de avaliar o treinamento é verificar o modo operante dos funcionários no local de trabalho após um período de tempo do término do treinamento e confrontá-lo com a proposto no treinamento.

Os programas de treinamento de grande parte das empresas japonesas são baseados no “aprendizado pela execução” (“learning by doing”), conhecidos como on the job training (OJT). Nesses programas, o funcionário aprende seu ofício, executando as atividades da rotina de seu trabalho sob a supervisão e orientação direta da chefia e dos mais experientes no seu grupo de trabalho e habilitam seus funcionários a serem multifuncionais com um sistema de rotação (Ghinato, 1996).

Segundo Grandjean (1998) existem certas medidas capazes de facilitar o aprendizado em atividades de precisão:

**Curtos períodos de treinamento:** Para automatização dos movimentos é necessária alta concentração. Para mais fácil automatizar os movimentos e se evitar pequenos vícios, que mais tarde serão difíceis de corrigir as sessões de treinamento devem ser mais curtas quanto maior for a exigência da destreza. Para trabalhos de muita precisão, podem ser recomendadas, no início, 4 sessões de treinamento por dia, cada uma com 15 a 30 minutos, que com o passar do tempo podem ser aumentadas lentamente.

**Decomposição do trabalho em operações isoladas:** Dividindo-se o trabalho inteiro em tarefas e processos isolados, determina-se os passos limitantes por complexidade. Após o reconhecimento, as operações isoladas mais complexas serão treinadas isoladamente para em um estágio mais avançado, as operações isoladas serem encadeadas, dedicando-se especial atenção às passagens entre as operações.

**Controle rígido e bons exemplos:** Como forma de evitar a incorporação de movimentos errados é necessário um rígido controle durante o aprendizado. Como pessoas jovens aprendem por inconscientemente imitar os gestos, é útil o uso de trabalhadores bem treinados como modelo. Com a idade, o poder de imitação decresce e necessita-se fazer mais uso de outros meios visuais.

Um bom treinamento pode melhorar o desempenho dos trabalhadores desde que respeite a individualidade das pessoas quando da realização das suas tarefas, mas o que se busca normalmente com processos seletivos e de treinamento é um aumento na performance dos funcionários, com ganhos de tempo e produtividade, sem se preocupar com a individualidade e saúde do trabalhador (Guimarães, 2000 b).

### **2.3.3. Questões de produção na organização do trabalho**

A maioria das empresas tem o seu sistema produtivo baseado no modelo de produção taylorista-fordista de um “homem/um posto/uma tarefa”, a tradicional linha de produção. Esse sistema favorece a parcialização, repetitividade, monotonia e a falta de autonomia do empregado. A insatisfação e a monotonia, em consequência do parcelamento taylorístico do trabalho, é refletida no absenteísmo, riscos de falha, rotatividade da mão de obra, tensões sociais e recrutamento de novas forças de trabalho (Grandjean, 1998).

Além do esvaziamento, que traz desvantagens emocionais, este tipo de organização de trabalho, onde se busca um aumento de produção e esforço excessivo por parte do trabalhador, vem sendo associado à DORT (distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho). Estes distúrbios vêm ocorrendo mesmo com as inovações mecânicas e o desenvolvimento tecnológico, pois o uso das mãos na realização do trabalho ainda é de primária importância, principalmente em sub-sistemas de montagem (Nguyen et al., 2000).

Os problemas de DORT podem ser minimizados se forem consideradas as questões humanas relacionadas tanto à produção quanto ao ambiente, ao posto de trabalho e a organização (Ranney, 2000). A ergonomia atua nesse ponto justamente conciliando as necessidades de produção e capacidade mental e física do ser humano

A alternância muscular é proporcionada por ajustes do sistema produtivo e dos aspectos organizacionais, como freqüentes pausas e movimentações durante a jornada, o dimensionamento dos postos de trabalho e o projeto de produtos, de modo que na fabricação e montagem não se realizem movimentos inadequados.

Segundo Grandjean (1998), “o resultado da divisão do trabalho é uma forte limitação do espaço de manobra individual, os sistemas orgânicos físicos e mentais estão anulados e o desdobramento das capacidades humanas é prejudicado”.

As regras de economia de movimento, já discutidas neste capítulo e tão ainda em voga na maior parte dos sistemas produtivos, não prevêem os aspectos de alargamento e enriquecimento das tarefas. Elas simplesmente tornam as atividades cada vez mais repetitivas e simples, produzindo fadiga muscular e contribuindo para a falta de motivação (Iida, 1998). No entanto, o modo como o trabalho é organizado pode tornar as tarefas dos operadores mais ricas e menos monótonas, pelo alargamento e enriquecimento do trabalho, inclusive aliviando o estresse físico pela possibilidade de alternância de posturas. O alargamento do trabalho se dá acrescentando atividades semelhantes àquelas já desempenhadas pelo trabalhador, não ocorrendo grandes mudanças na natureza do trabalho. É também chamado de enriquecimento horizontal. O enriquecimento real do trabalho, conforme formulado por Herzberg (1968)<sup>15</sup> apud Guimarães (2000 b) se dá no sentido vertical, pois a idéia são mudanças qualitativas, com aumento de responsabilidade, auto-realização e crescimento. O enriquecimento do trabalho gera um custo maior de treinamento, organização e controle da produção, mas gera também ganhos com menor rotatividade, absenteísmo e retrabalho. O enriquecimento do trabalho pode reduzir o estresse, pois há uma margem maior para a criatividade e não há tanta dependência do ritmo da máquina (Guimarães, 2000 b).

Na literatura, encontram-se exemplos de alargamento e enriquecimento das tarefas. Grandjean (1998) apresenta o caso de uma fábrica de aparelhos elétricos, onde um aparelho era inicialmente montado em uma esteira rolante com seis operações de montagem ordenadas em sequência, executadas por seis operários. Na nova organização de trabalho um único operário assumiu a linha de montagem, executando todas as seis operações, tendo sido, ainda, designado responsável pelo controle da qualidade e, assim, com toda a responsabilidade pela montagem total do aparelho.

Em outro caso, Fischer (2000) chegou a resultados satisfatórios com aumentos de produtividade e satisfação dos funcionários quando do alargamento e enriquecimento do trabalho com mudança de leiaute linear para celular: o que era realizado anteriormente por

---

<sup>15</sup> HERTZBERG, F- One more time: how do you mitivate employees? Harvard Business Rewiew. 46: 43-62.

11 pessoas em 11 postos, passou a ser feito por 3 pessoas em 3 postos, tornando o trabalho mais rico e menos monótono.

Todos os aspectos apresentados neste capítulo, como leiaute, produto, posto, organização do trabalho, treinamento e as questões de produção podem influenciar os modos operantes dos funcionários. Estas questões, quando não tratadas adequadamente, podem induzir ou levar o trabalhador à adotar posturas ou comportamentos que favoreçam o aparecimento dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Esta questão é discutida no capítulo 3 a seguir.

## **CAPÍTULO 3 – ESTUDO DOS MOVIMENTOS DA MÃO NO MANEJO DE PRECISÃO**

Sob o ponto de vista da saúde, a parcialização, a repetitividade e a manutenção de uma mesma postura por muito tempo, são grandes responsáveis pelo desgaste de músculos e tendões. O uso excessivo de alguns grupos musculares faz com que apareçam os primeiros sintomas do distúrbio ocupacional.

Os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) normalmente acometem as regiões da coluna cervical, coluna lombar e os membros superiores, afetam os músculos, tendões, ligamentos, articulações e nervos dessas regiões. Os sintomas clínicos podem surgir dias, semanas ou meses após a exposição aos fatores desencadeantes e/ou perpetuantes, que são: dor, inflamação e fadiga podendo levar à incapacidade funcional com perda de força e sensibilidade (Barboza, 1997).

Do ponto de vista cinesiológico, os distúrbios osteomusculares têm sua etiologia relacionada ao desequilíbrio entre a quantidade de trabalho gestual e a qualidade das estruturas envolvidas no movimento. As lesões ocorrem quando a capacidade de recuperação dos tecidos é insuficiente e fatores biomecânicos, como força, repetitividade, posturas incorretas, vibração e compressão mecânica, estão associados (Couto et al., 1998).

Nos DORTs, os músculos sofrem com perda de massa muscular, encurtamento, fadiga, descontrole da sinergia entre os músculos, queda do número de unidades motoras excitáveis, queda da memória cinestésica (construção do gesto automático por participação dos centros neurológicos superiores). Nestes distúrbios, ocorrem aumento das pressões intermuscular e intertecdial com possibilidade de gerar lesões isquêmicas, alterando o mecanismo de drenagem de processos inflamatórios e tracionando as junções músculo-tendão e tendão-osso (Barboza, 1997).

A manutenção de uma postura estática por muito tempo, com a musculatura em contração, faz com que ocorra o aumento da pressão intramuscular, dificultando a circulação local, ou seja, diminuindo o suprimento sanguíneo e dificultando, assim, a remoção dos catabólitos (ácido láctico). Essa má circulação local pode levar a alterações histológicas do músculo como edema, ruptura de fibras e atrofia muscular (Ranney, 2000).

Quando um músculo se contrai, ocorre um aumento na pressão hidrostática. Estudos de Hargens (1981) mostram que a pressão intramuscular é aumentada pela compressão externa por períodos correspondentes a um dia de trabalho. Pressões de aproximadamente 30mmhg ou mais, mantidas por tempo prolongado, provocam dano muscular que pode ser objetivamente quantificado 48 horas após a elevação da pressão. No punho, uma extensão de 30° eleva a pressão acima de 30 mmHg no interior do túnel do carpo.

Além do trabalho estático, outro fator que pode desencadear distúrbios osteomusculares é a frequência com que um mesmo movimento ocorre. Quando a frequência com que um mesmo músculo é utilizado é muito alta, ou seja, o tempo de recuperação do músculo é muito menor que o tempo em que ele é usado, pode haver um desgaste da musculatura, rompendo fibras, e a um desgaste da própria articulação envolvida.

Segundo Silverstein et al., (1987), qualquer ciclo de trabalho com duração menor que 30 segundos é altamente repetitivo. Situações de ciclos maiores que 30 segundos poderiam ser caracterizados como altamente repetitivos, caso um mesmo elemento do trabalho ocupasse mais que 50% do ciclo.

Além da contração estática (posturas e esforços estáticos) e da repetitividade dos movimentos, outro fator que influencia o aparecimento dos DORTS são os ângulos e as amplitudes de movimento. Sempre que se chega a amplitudes de movimentos extremas, o sistema músculo-esquelético é prejudicado, pois ocorre sobrecarga de ligamentos, comprimindo vasos sanguíneos e nervos (Ranney, 2000).

Neste capítulo apresenta-se o conceito de movimento em padrões funcionais e a descrição de vários tipos de postura adotadas pelas articulações do punho e mão. Não existe problema na realização dos movimentos realizados pelo punho e mãos e os tipos de pinças, até porque a anatomia da mão humana permite (Couto et al., 1998). O grande problema dos movimentos de pinça (precisão) é que são realizados por grupos musculares pequenos e mais fracos, se formos pensar que no corpo humano existem grupos musculares como o quadríceps (grande massa e mais fortes). O que faz um movimento ser considerado lesivo é a repetitividade desse movimento principalmente em grupos musculares pequenos, a associação desse movimento a outros, o emprego de força, realização de movimentos fora de padrões funcionais e movimentos com grande contração muscular.

Segundo Couto et al., (1998) qualquer força com movimentos como pinça pulpar, pinça lateral, pinça palmar, compressão palmar e compressão digital, é potencialmente grave.

Neste trabalho, serão abordados em maior, detalhe, aspectos do movimento relativos a ângulos e amplitudes. Força e repetitividade serão considerados como agravantes, mas não serão discutidos.

### **3.1. O ESTUDO DO MOVIMENTO HUMANO**

“A cinesiologia é o estudo do movimento humano. O movimento é realizado pela contração de músculos esqueléticos atuando dentro de um sistema de alavancas e polias formado pelos ossos, tendões e ligamentos” (Brunnstrom, 1997).

A cinesiologia dá suporte na hora da remodelagem dos postos quando o ergonomista faz a análise das posturas assumidas pelo trabalhador, ou seja, ela auxilia quanto às condições dos ângulos e posturas adotadas pelo sistema músculo-articular humano.

As articulações e os segmentos do corpo humano como, braços e pernas, podem assumir uma variedade de posições e de movimentos, que são limitados pela própria estrutura de ossos e músculos. Os movimentos ocorrem em determinadas amplitudes que são representadas em graus. Na literatura, existem tabelas com as amplitudes do movimento articular dito “normal”, ou seja, não contando com as variações de idade, sexo e características individuais. Essas tabelas servem para orientar quanto à amplitude normal aproximada de movimento articular no adulto. O quadro 3 mostra a amplitude de movimento articular de antebraço, punho, dedos e polegar esperados por um adulto.

Quadro 3: Amplitude de movimento Articular de um adulto

Segmento corpóreo	Amplitude de movimento
Antebraço	Supinação a partir da posição intermediária <b>0° a 90°</b> (75° a 90°)  Pronação a partir da posição intermediária <b>0° a 80°</b> (70° a 80°)
Punho	Flexão <b>0° a 90°</b> (75° a 90°)  Extensão <b>0° a 70°</b> (65° a 70°)  Abdução radial <b>0° a 20°</b> (15° a 25°)  Abdução ulnar <b>0° a 30°</b> (25° a 40°)
Dedos	Flexão MCF <b>0° a 90°</b> (85° a 100°)  Hiperextensão MCF <b>0° a 20°</b> (0° a 45°)  Abdução MCF <b>0° a 20°</b>  Adução MCF <b>0°</b>  Flexão IFP <b>0° a 120°</b> (90° a 120°)  Flexão IFP <b>0° a 90°</b> (80° a 90°)  Extensão IF <b>0°</b>
Polegar	Flexão MCF <b>0° a 45°</b> (40° a 90°)  Abdução e adução MCF desprezível  Flexão IF <b>0° a 90°</b> (80° a 90°)

Os valores em negrito são números redondos que convém lembrar ao se estimar a quantidade de movimentação normal presente. Os valores entre parênteses são faixas de variação da movimentação normal média relatadas em várias fontes. Convenção: IFD = articulação interfalângiana distal, IF = articulação interfalângiana, MCF = articulação metacarpofalângiana, IFP = articulação interfalângiana proximal (Fonte: BRUNNSTOM, 1997).

### 3.2.CINESIOLOGIA DO PUNHO E DA MÃO

A articulação do punho é composta por várias estruturas ósseas conectando a mão ao antebraço por meio de tendões, músculos e ligamentos. A articulação do punho é que permite as mudanças de orientação da mão em relação ao antebraço e transmite as forças da mão ao antebraço e vice-versa (Kapandji, 1990)

O punho é uma articulação distal do membro superior, que permite à mão apresentar uma posição ótima para apreensão. O complexo articular do punho possui dois graus de liberdade. Com a supinação/pronação (Figura 1 e 2), rotação do antebraço sobre o seu eixo longitudinal, a mão pode ser orientada sob qualquer ângulo para pegar e sustentar um objeto. Os movimentos do punho se efetuam em torno de dois eixos, com a mão em posição anatômica (Figura 3), isto é, em supinação completa: eixo transversal, que condiciona os movimentos de flexão (Figura 4) e extensão (Figura 5) e eixo ântero-posterior que condiciona os movimentos de adução - desvio ulnar (Figura 6) e abdução-desvio radial (Figura 7).



Figura 1: Supinação

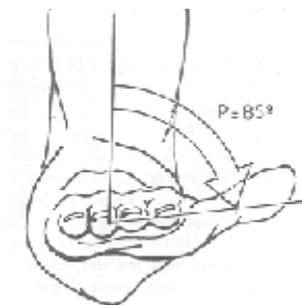


Figura 2: Pronação



Figura 3: Posição Anatômica

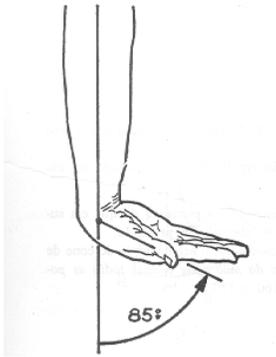


Figura 4: Flexão de punho



Figura 5: Extensão de punho

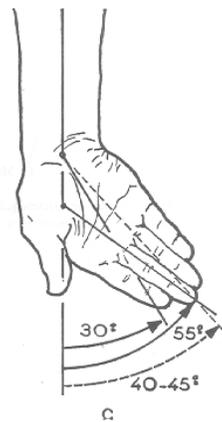


Figura 6: Desvio ulnar



Figura 7: Desvio radial

O desenho da mão, pelas adaptações de sua forma, permite a realização de vários movimentos, que na sua maioria envolvem o polegar e os outros dedos. Segundo Napier (1956), a mão humana realiza dois tipos básicos de preensão, a “preensão de força” e a “preensão de precisão”. A preensão de força, usada quando é necessária força completa, envolve segurar um objeto entre os dedos parcialmente fletidos e a palma enquanto o polegar aplica contrapressão (Figura 8).



Figura 8: Preensão de força

Na preensão de precisão, o objeto é pinçado entre as superfícies flexoras de um ou mais dedos e o polegar em oposição (Figura 9). A preensão de precisão é usada quando há necessidade de exatidão e refinamento de tato. A mão é uma estrutura com muita mobilidade e estabilidade, e pode mudar de uma para outra função em fração de segundos.

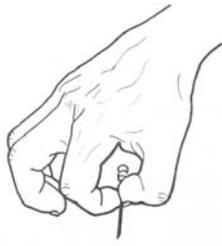


Figura 9: Pinça de precisão

Os músculos envolvidos nas articulações do punho, dedos e mãos são pluriarticulares e, por isso, exercem um efeito sobre cada articulação cruzada. Alguns cruzam até sete articulações. E, para impedir um movimento indesejado, outros músculos devem contrair-se. Além disso, a mão possui muitas sinergias neurofisiológicas automáticas que são fortemente ligadas, tanto que uma pessoa não é capaz de voluntariamente separá-las. Além dos músculos que são os responsáveis pelos movimentos, existem os ligamentos que funcionam como estabilizadores das articulações, permitindo e guiando a movimentação das articulações, para transmitir forças da mão ao antebraço, e para prevenir luxação dos ossos do carpo com o movimento.

A mão e o punho, quando da sua posição anatômica, mantêm seus ligamentos e músculos em uma posição de neutralidade, ou seja, não há compressão nem estiramento dos tendões, eles estão numa posição de “repouso”. Mas basta uma leve flexão do punho, por exemplo, para os flexores do punho ficarem em uma posição de maior contração, gerando mais tensão do que se o punho estivesse na linha média.

Na articulação do punho passam também estruturas nervosas responsáveis pela inervação dos músculos de punho e mão. São esses nervos: o mediano que inerva o palmar longo, o flexor radial do carpo, flexor superficial dos dedos, oponente do polegar e lumbricais 1 e 2; o ulnar que inerva o palmar curto, músculos da eminência hipotenar, lumbricais 3 e 4, interósseos, adutor do polegar e cabeça profunda do flexor curto do polegar; e o radial, que supre os músculos extrínsecos do polegar.

Quando os nervos mediano e ulnar são comprimidos por movimentos realizados na articulação punho-mão, ocorrem alterações sensoriais e enfraquecimento dos músculos inervados por eles. Já na compressão do radial, ocorrem apenas alterações sensoriais.

Os movimentos na articulação do punho e da mão, quando das nossas atividades diárias, não ocorrem isolados. Eles normalmente são mais complexos, ou seja, somam-se uns aos outros devido ao fato de a musculatura envolvida ser pluriarticular (atuar em mais de uma articulação). Um exemplo de movimento funcional realizado nas atividades rotineiras é a flexão de punho acompanhada por uma adução, ou seja, a intenção do movimento pode ser a flexão, mas a adução ocorre junto, pois os músculos flexores do punho e que se situam do lado ulnar têm atividade também na adução do punho (Figura 10).



Figura 10: Flexão de punho com adução

Com base nos conceitos apresentados, serão descritos os movimentos isolados das articulações, para apresentar, então, os movimentos funcionais, ou seja, da maneira como eles realmente ocorrem. A apresentação dos movimentos isolados foi feita para facilitar o entendimento por parte do leitor.

### 3.2.1. Movimentos do punho

A) Movimento de abdução (desvio radial) – adução (desvio ulnar)

A amplitude de movimentos é medida a partir de uma posição de referência: pelo eixo da mão, seguindo como prolongamento do eixo do antebraço (Figura 3).

- A amplitude do movimento de abdução – ou desvio radial (Figura 7) – não ultrapassa os 15°.
- A amplitude de movimento de adução – ou desvio ulnar (Figura 6) – é de 45°, quando se mede o ângulo na linha que une o centro do punho à extremidade do terceiro dedo.

Entretanto, esta amplitude é diferente conforme se considera:

- O eixo da mão: ela é então de 30°;
- Ou o eixo do dedo médio: ela é de 55°.

Isso se deve ao fato de à adução da mão se acrescentar uma adução dos dedos (aproximação).

Na prática, pode-se, no entanto, considerar a cifra de 45° para a amplitude da adução.

Devem-se salientar vários fatos:

- O desvio ulnar é 2 a 3 vezes mais amplo que o desvio radial;
- O desvio ulnar é mais amplo na posição de supinação que na de pronação onde ela não ultrapassa os 25° a 30°.

De maneira geral, a amplitude dos movimentos de adução e abdução é mínima em flexão ou em extensão forçadas do punho. Ela é máxima na posição de referência (Figura 3) ou em ligeira flexão, posição que relaxa os ligamentos.

Nos movimentos de abdução e adução ocorre uma leve torção sobre o eixo inverso para cada fileira do carpo. Na abdução, a fileira superior gira em pronação e a inferior em supinação; na adução essas torções se invertem. São movimentos de pequena amplitude, mas que tendem a forçar os ligamentos dos ossos do carpo.

A abdução ou desvio radial é realizada pelos músculos extensor radial do carpo e o flexor radial do carpo auxiliados, pelo abductor longo do polegar e pelo extensor curto do polegar.

A adução ou desvio ulnar acontece quando entram em atividade o flexor ulnar do carpo e extensor ulnar do carpo. Os extensores e flexores do punho estão situados para o lado radial ou ulnar com exceção do palmar longo e o extensor radial curto do carpo que são mais mediais, por essa razão são capazes de assumir movimentos de lado bem como a flexão e extensão.

#### B) Movimento de flexão – extensão

Para que a flexão ocorra, entram em ação os músculos flexor radial do carpo, flexor ulnar do carpo e palmar longo. Já a extensão ocorre quando entram em ação o extensor ulnar do carpo, extensor radial curto do carpo e extensor radial longo do carpo. A amplitude dos

movimentos é medida a partir da posição de referência: punho alinhado, a face dorsal da mão está situada no prolongamento da face posterior do antebraço (Figura 3). A amplitude da flexão é de 85°; isto quer dizer que não chega a atingir os 90° (Figura 4). A amplitude da extensão é de 85° e também não atinge os 90° (Figura 5).

- a flexo-extensão é máxima quando a mão não está nem em adução nem em abdução;
- a flexo-extensão tem menor amplitude quando o punho está em pronação.

#### C) Movimentos de Supinação/ Pronação

Os movimentos de supinação/pronação (Figura 1 e 2) não ocorrem na articulação do punho e mão, mas, sim, na articulação do cotovelo, pois são movimentos de rotação do antebraço. Graças aos movimentos de pronação e supinação, a mão pode estar em qualquer ângulo para agarrar ou sustentar um objeto.

#### D) Movimentos das articulações da mão e dedos

A flexão e a extensão dos dedos ocorrem ao nível da articulação metacarpofalangiana. A amplitude de flexão das metacarpofalangianas é de quase 90° (Figura 11) com o dedo indicador possuindo menos amplitude e os dedos médio, anular e mínimo tendo sucessivamente mais amplitude. Elas estão mecanicamente estabilizadas para a preensão. Quando a articulação metacarpofalangiana (MCF) está estendida, os ligamentos colaterais estão folgados e permitem cerca de 20° de abdução, e se os dedos adjacentes forem movidos para longe, cerca de 20° de adução.

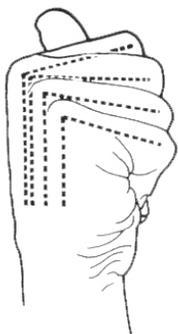


Figura 11: Movimento de flexão de metacarpofalangiana

A amplitude da extensão ativa na articulação metacarpofalangiana pode atingir 30 a 40° (Figura 12). A extensão passiva pode atingir quase 90° (figura 13). Na extensão, os movimentos de lateralidade são mais fáceis 20 a 30° de cada lado. Um dos ligamentos está sempre tenso, enquanto o outro se distende. Quando as articulações MCF são flexionadas a 90°, os ligamentos colaterais tornam-se retesados e a abdução não ocorre. É na metacarpofalangiana que ocorrem os movimentos de afastamento (Figura 14) e aproximação dos dedos (Figura 15).

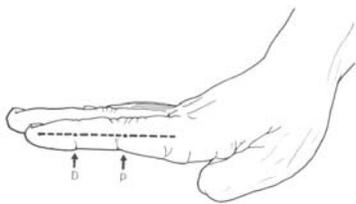


Figura 12: Extensão ativa da metacarpofalangiana

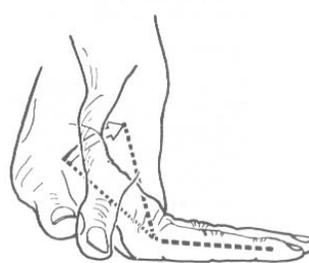


Figura 13: Extensão passiva de metacarpofalangiana

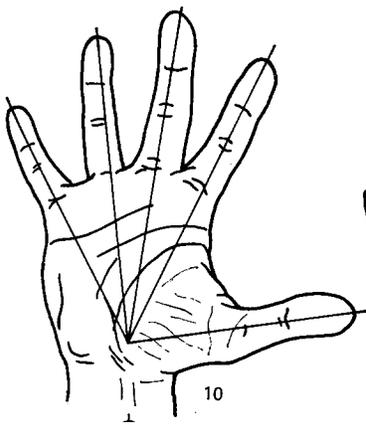


Figura 14: Afastamento

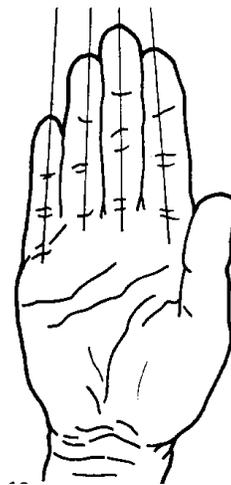


Figura 15: Aproximação

As articulações dos dedos, também chamadas de interfalângianas (proximal e distal) são fletidas, estendidas, aduzidas e abduzidas por meio dos músculos extrínsecos (que atuam também no punho como flexores e extensores) e os músculos intrínsecos.

E) Movimentos realizados pelo polegar.

O polegar, se comparado aos outros dedos, é o que possui maior mobilidade. O polegar é usado de encontro aos dedos em preensão, pinçamento ou manuseio de precisão. Na maioria dos movimentos funcionais do polegar, todos os músculos participam em graus variados. Os movimentos realizados pelo polegar são extensão, flexão e oposição (Figura 16), abdução e adução (Figura 17).

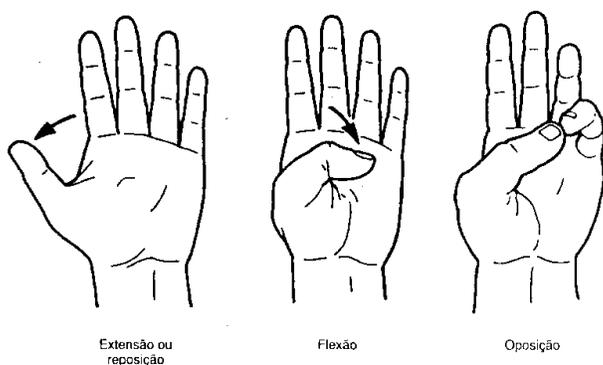


Figura 16: Extensão, flexão e oposição

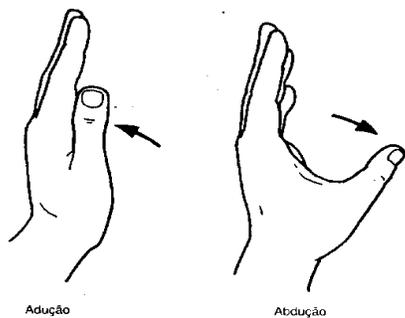


Figura 17: Adução, abdução

F) Movimentos Funcionais

Os movimentos funcionais, como dito anteriormente, envolvem vários músculos ou grupos musculares que trabalham em certos padrões de movimento, nos quais o movimento é facilitado em relação a outras formas em que ele possa vir a ocorrer. Por

exemplo, no caso da flexão de punho e adução citado anteriormente, a articulação, os ligamentos e os músculos são menos estressados. Já no caso de uma flexão de punho com abdução, os ligamentos e músculos são estressados e o movimento ocorre com um grau de dificuldade maior.

a) Extensão do punho com flexão de dedos → quando se estende o punho, os dedos se fletem automaticamente. É na posição de extensão de punho que os flexores dos dedos possuem seu máximo de eficiência (Figura 18 A). O esforço dos flexores dos dedos, quando medido num dinamometro, é na flexão do punho, a quarta parte do que é na extensão.

b) Flexão de punho com extensão de dedos → os flexores do punho são sinérgicos aos extensores dos dedos. Quando se flete o punho, a extensão da primeira falange dos dedos ocorre automaticamente, é necessário, então, fazer um esforço voluntário para fletir os dedos na palma sendo essa flexão sem força. O movimento de flexão do punho com extensão dos dedos (Figura 18 B) é mais natural ao homem do que a flexão do punho com flexão dos dedos.

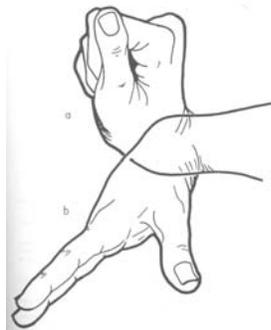


Figura 18: (A) Extensão de punho com flexão de dedos e (B) Flexão de punho com extensão de dedos

C) Extensão do punho e abdução → juntamente com o movimento de extensão de punho, normalmente está associada, a abdução então fica mais confortável a extensão do punho com a abdução isso pode ser devido aos extensores do carpo curto e longo que ficam do lado radial do punho (Figura 19). No entanto para a função de preensão favorecendo o ganho de força, segundo Kapandi, o punho deve estar em ligeira extensão 40° a 45°. e leve desvio ulnar, cerca de 15° (Figura 20) essa posição favorece ao máximo de eficiência dos músculos motores dos dedos, mais particularmente dos flexores.



Figura 19: Extensão de punho com abdução



Figura 20: Extensão de punho com leve desvio ulnar

D) Flexão do punho e adução→ conforme falado anteriormente, a flexão do punho e adução são movimentos funcionais, ou seja, um não ocorre sem o outro (Figura 10).

### 3.3. MOVIMENTOS USUAIS DOS DEDOS (Pinças)

Como existe uma grande variedade e tipos de pinças, optou-se, nesse trabalho, por descrever as mais usadas em movimentos de montagem, ou seja, aquelas observadas durante a montagem de precisão no setor de montagem monofásica dos medidores de energia elétrica. As pinças podem ser bidigitais envolvendo dois dedos ou pluridigitais três dedos ou mais. E podem também ser do tipo palmares. Nesta dissertação, a classificação usada para descrever as pinças é a proposta por Kapandji (1990), por ser de mais fácil entendimento e pelas gravuras darem uma noção de como acontecem os movimentos.

As preensões pluridigitais permitem uma preensão muito mais firme que as bidigitais, que são pinças mais de precisão.

#### A) Tipos de pinças e preensões

preensão pulpo - ungueal – é a mais fina e a mais precisa. É a forma de preensão mais comprometida nas afecções da mão, pois é necessário um jogo articular total, a flexão é estimulada ao máximo. Normalmente esse tipo de pinça ocorre quando se tem que pegar

objetos de tamanho muito pequeno, tipo uma agulha (Figura 21 e 22).



Figura 21: Pinça de precisão

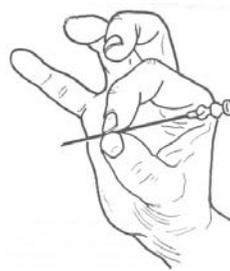


Figura 22: Pinça de precisão

preensão por oposição polpa a polpa- não é tão precisa quanto a pulpo ungueal, mas não é tão lesiva quanto esta pois as falanges não são tão fletidas, ou seja seus ligamentos não ficam estressados, ela permite segurar objetos relativamente mais espessos (Figura 23).



Figura 23: Preensão polpa a polpa

#### B) Preensões Pluridigitais

A) Tridigitais: elas envolvem normalmente o polegar, o dedo médio e o indicador e são as mais utilizadas pelas pessoas. Quando seguramos pequenos objetos como uma bola pequena, normalmente utilizamos a preensão tridigital polpa à polpa. Nesse movimento ocorre a oposição da polpa do polegar com a polpa dos dedos indicador e médio (Figura 24).



Figura 24: Pinça tridigital polpa a polpa

B) Tetradigitais: são utilizadas quando o objeto é mais espesso e deve ser segurado mais fortemente, elas podem ser do tipo:

- Tetradigital pulpo-lateral- esse movimento é observado durante o desenroscar de uma tampa. Envolve a polpa do polegar, indicador e médio e lateralmente o dedo anular (que é o que segura o movimento). Esse movimento tende para um desvio ulnar com a musculatura dos dedos em contração (Figura 25).

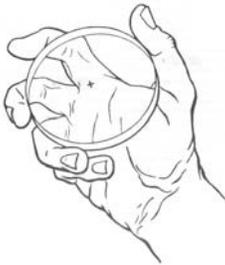


Figura 25: Tetradigital pulpo-lateral

Pentadigitais: envolve todos os dedos com o polegar se opondo de diversas maneiras aos outros dedos.

- Pentadigital pulpar- Todos os dedos têm contato pulpar com o objeto com exceção do dedo mínimo, que tem contato lateral: é semelhante ao tetradigital pulpar, só que envolve o 5º dedo (Figura 26).



Figura 26: Pentadigital pulpar

- Pentadigital comissural – é usada para segurar objetos hemi-esféricos como uma tigela. Os dedos estão mais estendidos e afastados do que na preensão pulpo lateral (Figura 27).



Figura 27: Pentadigital Comissural

- Pentadigital Panorâmica- é o tipo de preensão que permite segurar os objetos planos muito espessos. Nesse tipo de preensão, a musculatura dos dedos está muito distendida, pois os dedos tem de se manter afastados com a metacarpofalangiana e a interfalangiana proximal em posição de proximidade da liha média, enquanto as interfalagianas distais estão fletidas. Além dessa posição ser mais estressante, para evitar que o objeto escape, é exigido força da musculatura da mão (Figura 28).

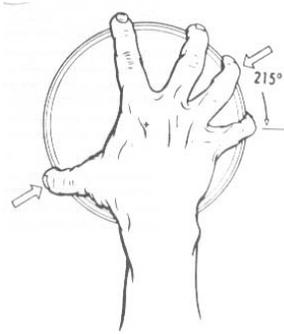


Figura 28: Penatdigital Panorâmica

As preensões podem ser ainda do tipo palmares, ou seja, são preensões que não envolvem somente os dedos, mas também a palma da mão. A seguir serão apresentadas alguns tipos de preensões palmares.

### C) Preensões palmares

Preensão digito-palmar- nesta preensão os quatro últimos dedos são opostos a palma da mão, nesta preensão o polegar não participa. É a preensão utilizada para se manobrar alavanca (Figura 29). Essa preensão pode servir ainda para segurar um objeto mais volumoso, como um copo, lembrando que quanto maior o diâmetro do objeto menor a firmeza na preensão.



Figura 29: Preensão dígito-palmar

Preensão Palmar Plena: é a preensão usada com objetos pesados e relativamente mais volumosos. O volume do objeto segurado condiciona a força de preensão, nesse movimento é melhor quando o polegar mantém contato com o indicador (Figura 30)



Figura 30: Preensão palmar plena

Preensão Palmar esférica pentadigital – é semelhante à preensão pentadigital pulpar, com o diferencial de a palma da mão estar envolvida. O objeto é fortemente segurado pelos dedos em garra (Figura 31)

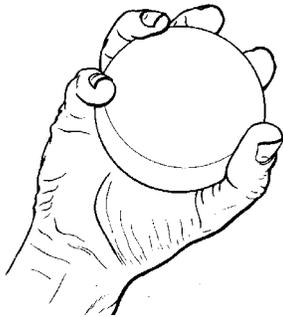


Figura 31: Preensão palmar esférica pentadigital

#### E) Preensão auxiliada pela gravidade

A mão serve de suporte, com a concavidade voltada para cima, normalmente utilizada para segurar grãos e objetos pequenos como parafusos; os dedos podem estar fletidos (Figura 32) ou estendidos, mas o mais importante nesses movimentos é a supinação.



Figura 32: Preensão auxiliada pela gravidade

#### F) Preensão - ação

São preensões realizadas quando a mão, além de sustentar, age realizando um movimento. O objeto é mantido em preensão palmar com o indicador em flexão de

garra. A ação de apertar um aerosol é igual à usada para segurar uma chave de fenda em uma operação de aparafusamento observada no estudo de caso, por isso estamos descrevendo esta preensão (Figura 33).



Figura 33: Preensão-ação

Segundo Brunnstrom, (1997) “os músculos que melhor servem para realização de alguma ação são aqueles selecionados pelo sistema nervoso. Uma seleção perfeita de músculos é alcançada apenas por indivíduos altamente treinados”, ou seja, aqueles indivíduos que já automatizaram o movimento.

Movimentos que não ocorrem com uma boa seleção de músculos são desperdiçadores de energia, porque músculos não necessariamente requeridos para o movimento contraem-se juntamente com aqueles requeridos. Quanto mais perito se torna um indivíduo melhor é a seleção e a gradação da contração torna-se mais refinada, resultando em movimentos mais suaves que são menos fatigantes (Brunnstrom, 1997). Ressaltando-se que quanto menos fatigante é um movimento menor a probabilidade de se desenvolver algum tipo de lesão.

Quando se busca o nexos causal em uma pessoa com algum tipo de lesão, é importante, na análise da tarefa, observar alguns aspectos da postura e relacioná-los com os distúrbios, conforme quadro 4, e atentar para os fatores de risco (veja quadro 5).

Quadro 4: A postura e sua relação com os distúrbios osteomusculares

Aspecto de postura	Possível Relacionamento com Distúrbios osteomusculares
Segmento do membro inclinado em relação à linha da gravidade	Requer-se um momento de força articular com necessidade de forças musculares ou ligamentares para suportá-lo.
Um ângulo articular próximo à amplitude de movimento final (postura extrema)	Sobrecarrega os ligamentos, podendo comprimir vasos sanguíneos, e afeta os nervos pela tração.
Posições articulares distantes da amplitude funcional adequada da articulação	Altera a geometria dos músculos e tendões que cruzam a articulação; fatigante e estressante.
Alteração (ou falta de alteração) na postura	Caracteriza a frequência (repetitividade) ou natureza estática da tarefa.

Fonte: Ranney, 2000

Quadro 5: Fatores de risco

Fator de risco	Procurar por
A) alta força e atividade bastante repetitiva; ambas não se misturam bem.	Trabalho com pequenos intervalos de alguns segundos para descanso.  Pequeno período de repouso entre os intervalos (membro superior em constante movimento).
B) Emprego de grande força; isto aumenta tensão	Uso de preensão manual quando é mais apropriada preensão elétrica.  Pressionar fechos com um único dedo.  Dedos forçados em hiperextensão.  Luvas; estas podem aumentar a força de preensão necessárias à tarefa.  Levantamento em postura de pronação.
C) Postura inadequadas	Flexão sustentada ou extensão acima de 30°  movimentos de punho rápidos e contínuos  Desvio ulnar ou radial sustentado,  movimentos espasmódicos, oscilantes e agitados de punho  Pronação total sustentada.
D) cargas estáticas; o ombro deve ser mantido o mais baixo possível	Luvas: estas podem gerar carga estática sobre os flexores dos dedos. Manter o punho em extensão (por exemplo, durante datilografia); isto leva a uma carga “estática” sobre os extensores dos dedos.  Segurar uma ferramenta ou objeto continuamente.

Continua na página 69.

Continuação quadro 5.

Fator de risco	Procurar por
E) Instrumentos elétricos com alta vibração, alta rotação ou características rotatórias precárias; podem ocasionar grandes demandas sobre os membros superiores	Evidência de “reação violenta” forçando o punho a extensão rápida  Vibração de ferramenta; pode ocasionar calos ou dano ao vaso sanguíneo ou ao nervo.
F) Bordas aguçadas e superfícies duras; podem ocasionar calos ou dano a um vaso sanguíneo ou nervo	Contato com objetos duros ou agudos nos lados dos dedos ou base das palmas das mãos.  Suportar peso no lado interno do cotovelo sobre uma superfície dura.  Aparar guarnições ou peças com a palma da mão ou “contar” papel (golpear o objeto com a mão).
G) Exigências de colocação de alta precisão; aumenta o tempo e quase sempre as posturas de força estática e risco de má qualidade.	Segurar peças estacionárias a fim de encaixá-las.  Despender tempo em postura incômoda para fiar ou encaixar peças.

Fonte: Ranney, 2000

Neste capítulo, foram apresentadas posturas possíveis de serem adotadas durante montagem de precisão e os fatores de risco que devem ser observados quando da concepção do trabalho, para não contribuir para os distúrbios ocupacionais.

Esta informação será a base para a discussão dos movimentos realizados na tarefa de montagem de medidores elétricos na empresa que permitiu o desenvolvimento do estudo de caso.

## CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa montadora de medidores de energia elétrica. A Asea Brown Boveri (ABB) é o maior grupo mundial em engenharia de energia, contando com 1300 empresas distribuídas em 143 países empregando cerca de 200.000 pessoas. As empresas são organizadas em sete segmentos: geração de energia elétrica; transmissão e distribuição de energia; automação; óleo, gás e petroquímica; produtos e contratação; e serviços financeiros. Estes segmentos estão divididos em 65 áreas de negócios, que, por sua vez, são subdivididas em unidades de negócio.

A unidade de negócio situada em Cachoeirinha RS atua na oferta de soluções em medição de energia, ou seja, a empresa desenvolve o projeto e a montagem de diversos tipos de medidores de energia, que podem ser divididos em eletro-mecânicos e eletrônicos. Os medidores eletro-mecânicos podem ser do tipo monofásico ou polifásico (bifásicos e trifásicos). Os principais clientes da ABB-Cachoeirinha são as concessionárias de energia elétrica públicas e privadas do país, mas os produtos também são comercializados no mercado internacional.

Grande parte da matéria - prima e componentes utilizados na confecção dos medidores são adquiridos de revendedores, na sua maioria, locais, sendo feita, na ABB, apenas a base fundida em alumínio e a montagem.

No seu quadro de pessoal, a ABB - Cachoeirinha conta com 306 empregados, cada setor tendo um responsável, os quais estão distribuídos nos turnos de trabalho descritos no quadro 6.

Quadro 6: Turnos de trabalho

Turnos	Dia	Horário	Número de empregados
Turno 1	Segunda à sexta	06:00 às 14:00 30min de intervalo	50 empregados
	sábado	06:00 às 13:00 30 min de intervalo	
Turno 2	Segunda à sexta	14:00 às 23:48 60 min de intervalo	70 empregados

Turno 3	Domingo à sexta	22:15 às 05:12:30 min de intervalo	06 empregados
Turno normal	Segunda à quinta	07:00 às 17:00 60 min de intervalo	70 empregados
	Sexta	07:00 às 16:00 60 min de intervalo	
Turno administrativo.	Segunda à quinta	08:00 às 18:00 60 min de intervalo	110 empregados
	sexta	08:00 às 17:00 60 min de intervalo	

#### **4.1. INTERVENÇÃO REALIZADA NA ABB.**

Devido a um aumento no número de funcionários afastados por doença ocupacional, a ABB solicitou, ao LOPP/PPGEP/UFRGS, uma análise dos postos de trabalho onde mais ocorreram os afastamentos. Foram analisados todos os setores fabris da empresa como fundição, montagem, aferição e fechamento. Após o levantamento e a análise dos dados, verificou-se que a intervenção ergonômica deveria ser feita em todo o processo produtivo da empresa e não somente no fechamento, que é o setor em que mais ocorriam afastamentos. A intervenção teve início em outubro de 1997 e finalizou em outubro de 1999.

Com base nos conceitos de macroergonomia e ergonomia participativa, iniciou-se o processo de intervenção na ABB que envolveu, além da equipe do LOPP, o comitê de ergonomia da empresa (COERGO) que, na época compreendia o gerente de produção, o supervisor de linha e os próprios trabalhadores. A estes cabe atuar no levantamento e a análise da situação e a proposição de soluções tendo em vista o posto de trabalho, a organização do trabalho e a qualidade de vida como um todo.

Embora a intervenção ergonômica tenha sido realizada em todo processo produtivo, este estudo concentrou-se no setor de montagem de medidores de energia monofásicos modelos ME21, M8C, NE21 e N8C. Neste setor trabalham, 70 montadores, sendo a maioria do sexo feminino (42 mulheres e 28 homens) o que vem ao encontro do que normalmente a literatura relata, que os postos de montagem fina normalmente são

ocupadas por pessoas do sexo feminino. A idade dos montadores varia de 19 a 47 anos. Nas células de montagem, simultaneamente trabalham 12 pessoas por turno de trabalho, sendo que cada um dos montadores ocupa uma célula de montagem. Os turnos variam conforme a época, ou seja, às vezes a empresa trabalha com um, dois ou três turnos, dependendo da demanda de medidores. O tempo de empresa dos funcionários varia de 5 meses a 19 anos, sabendo-se que aproximadamente 36% dos funcionários tem um tempo de empresa em torno de 6 meses.

Estas 70 pessoas estão distribuídas nos postos de pré - montagem, montagem, pré-calibração, aferição, teste vazio-partido, e fechamento que, nesta seqüência, formam a célula de montagem de medidores.

Na pré - montagem são montados alguns componentes que depois serão utilizados na montagem final do medidor. Este posto foi criado para atender a demanda específica de medidores modelo ME21 e é onde é feito a magnetização do freio (armação) e também a fixação das bobinas de tensão e corrente na armação, por remanche. Nas células são montados os componentes do medidor no copo, ou seja, na base, para depois serem ajustados. Este trabalho foi desenvolvido somente nestas células de montagem final.

A pré-calibração é um ajuste grosseiro de calibração, mas necessário para reduzir o tempo de calibração. É quando é feita a desmagnetização do freio magnético para que a carga nominal do medidor esteja próxima dos valores de calibração. Na pré-cal ( pré-calibração) monofásica, realiza-se, também, a pré-calibração da carga pequena e carga indutiva do medidor.

O teste vazio-partido se divide em duas etapas. No teste do vazio, que é um ensaio realizado com 110% da tensão nominal do medidor, o objetivo é que o disco dê uma volta completa de 15 minutos. Simula a condição sem carga, onde não deverá ocorrer registro de consumo. Verifica se o medidor está adequadamente calibrado e se não existem imperfeições do medidor.

A outra etapa, chamada corrente de partida, verifica se o medidor está devidamente ajustado e se existem atritos anormais sobre o rotor do medidor. Simula uma carga de baixíssimo consumo, para a qual o medidor deve registrar consumo.

O fechamento é parte final da montagem, quando são colocados a placa de identificação, a tampa do medidor, a borracha de vedação e o lacre de chumbo.

Durante o processo de intervenção, várias mudanças foram implementadas no leiaute, nas condições ambientais, na organização do trabalho, no processo produtivo e no produto. A seguir serão descritas essas mudanças:

#### **4.1.1. Produto**

Os medidores de energia eletromecânicos monofásicos modelos M8C, N8C, ME21 e NE21 são de ligação ativa direta e suas características são especificadas em normas técnicas oficiais nacionais (ABNT) e internacionais (IEC, ANSI, COVENIN e DIN) e por clientes. Estas especificações são quanto ao número de elementos motores do medidor, corrente e tensão da energia elétrica a ser medida e tipo de ligações entre os componentes. Como este trabalho foi desenvolvido considerando somente o modelo ME21 reprojeto, não será dada ênfase aos outros modelos.

A diferença entre os modelos M8C e N8C é o número de fios (sistema de ligação externa), o M8C tendo 2 fios, e N8C, 3 fios. A mesma diferença existe entre os modelos ME21(2 fios) e NE21(3 fios). Os modelos M8C e ME21 também diferem dos modelos NE21 e N8C pelo fato de que os últimos não possuem ponte amperimétrica.

Os elementos motores dos medidores são as bobinas (eletroímãs) de corrente e as bobinas (eletroímãs) de tensão, as quais, combinadas aos pares, são responsáveis pela força motriz mecânica do medidor.

As correntes dos medidores ABB situam-se numa faixa que varia de 2,5A a 30A. As correntes mais frequentes (ou solicitadas) nos medidores eletromecânicos monofásicos são 15A e 30A. Salienta-se que a corrente do medidor repercute nas características dos componentes (dimensões, morfologia e peso), nas operações e processos (procedimentos, número de peças e seqüenciamento das atividades) e, por consequência, no tempo de montagem e nas ferramentas e dispositivos de apoio.

A tensão dos medidores ABB situa-se numa faixa que varia de 110V a 480V (Por exemplo: 110V, 115V, 120V, 240V, 360V, 380V, 440V e 480V). As tensões mais frequentes (ou mais solicitadas) nos medidores eletromecânicos monofásicos são 120V e 240V.

A tensão do medidor é proveniente das espiras internas que constituem os eletroímãs de tensão/bobinas de tensão (do número de voltas do fio ao redor do núcleo do eletroímã de tensão). Por exemplo, 3100 espiras conferem ao eletroímã uma tensão de 120V,

6.500 espiras 240V e 11.000 espiras 440V. O número de espiras internas não afeta nas dimensões, morfologia e peso dos eletroímãs de tensão, nem nas operações e processos relativos à montagem inicial monofásica, exatamente o oposto do que ocorre em função da corrente do medidor.

As ligações entre as bobinas de corrente podem ser dos tipos: linha Carga (LC) ou seqüencial e implicam em operações de montagem distintas: as ligações nos modelos ME21 e M8C são linha carga ou seqüencial e dos modelos NE21 e N8C, linha carga. Os tipos de ligações entre as bobinas de corrente e tensão podem ser: com elo interno (placa de ligação)/ elo externo/ sem elo interno/ sem elo interno com ligação indireta, sendo a ligação indireta exclusiva dos medidores com corrente equivalente a 2.5 A. O fato dos medidores monofásicos terem ou não elo interno, depende do pedido do cliente e implica em operações de montagem distintas. No caso de ter elo interno isso altera a montagem padrão, operações e processos de produção padrão dos medidores.

Os medidores monofásicos podem ter ou não acessórios. Esta categoria prevê o acoplamento, ou não, de acessórios como catraca (dispositivo de segurança), terminal Terra (M8C e N8C), led's, sensor (casos especiais) e sobre tampa (ME21, NE21 e modelos M8C e N8C quando forem 30 A). Existe ainda uma categoria relativa à necessidade, ou não, de se maximizar as propriedades mecânicas superficiais nos componentes quanto à sua resistência à corrosão. Os componentes que recebem tratamento são tropicalizados e os que não recebem tratamento são os não tropicalizados.

Os medidores podem ser classificados de acordo com suas características, como as citadas acima. Os modelos cuja corrente é 15A pertencem ao grupo convencional, sendo que os com correntes diferentes a esta, por exemplo, 2.5 e 30 A pertencem ao grupo especial.

#### **4.1.2.1. Modelos M8C e ME 21 padrão**

O medidor antigo M8C é composto pelas seguintes peças para montagem: base, conjunto bobina de corrente + bloco (vem fixados do fornecedor com 8 parafusos), bobina de tensão, isolante da torre, 9 parafusos m 3.5, etiqueta de código de barras, suspensão inferior, suspensão superior, conjunto rotor e disco. Após passar pela pré-calibração e calibração, o medidor vai para o fechamento, onde são acrescentados mais componentes: placa de identificação do medidor, 1 parafuso para fixar essa placa no

registrador, borracha de vedação, tampa de vidro, 2 parafusos para fechar o medidor e o lacre de chumbo. O medidor M8C pesa, ao final, 0,819 Kg.

O novo modelo de medidor monofásico desenvolvido foi denominado ME21. Ele é composto por: base, armação, bobina de corrente, bobina de tensão, 4 parafusos para fixar as bobinas na armação, 2 parafusos para fixar armação na base, ponte, 1 parafuso para fixar a ponte, tampa do bloco, 8 parafusos para fixar tampa do bloco, etiqueta código de barras, suspensão superior, suspensão inferior, 2 parafusos para fixar as suspensões, disco e registrador.

Os antigos medidores monofásicos, modelo M8C, possuem uma base separada do bloco, que é feita de uma liga de alumínio silício. Com a mudança para os novos medidores ME21, a base e o bloco se tornaram uma peça única, economizando mais uma etapa de montagem anteriormente realizada pelo operador e que exigia emprego de força e uso do martelo. Já a troca da liga de alumínio do bloco pelo plástico de engenharia (Noryl), torna o medidor mais leve, facilitando o manuseio. Nos medidores M8C, a tampa é em vidro e, nos medidores modelo ME21, o material usado é o Policarbonato Cristal, com anti UV, material que também facilita o manuseio por ser mais leve. A diferença de peso entre os medidores M8C e ME21 é de 0.23 Kg visto que eles pesam 1.18 Kg e 0.95 Kg, respectivamente. As dimensões do medidor também diminuíram, facilitando, assim, o manuseio. A placa de identificação do medidor passou a ser fixada por encaixe, diminuindo, um parafuso e portanto, um movimento.

O novo desenho do ME21 também simplificou a montagem na fase de fechamento. A tampa é acoplada na base por um sistema de encaixe que dispensa uma borracha de vedação e aparafusamento necessários no modelo antigo M8C.

O processo de fixação das bobinas de corrente e tensão na armação, que antes era feito por remanche, passou a ser feito com parafuso. O registrador passou a ser fixado por encaixe, evitando, assim, mais operações de aparafusamento.

Foi suprimida mais uma operação com a alteração do suporte dos ímãs (freio): no M8C, ele era separado da armação e necessitava ser fixado por aparafusamento; no ME21 passou a ser integrado à armação, pois o suporte dos ímãs foi injetado junto com a armação tornando-se uma peça única. No quadro 7 é apresentado um comparativo entre os dois modelos de medidores.

Quadro 7: Comparativo dos medidores M8C e ME21

MODELO	M8C	ME21
Peso	1.18Kg	0.95 Kg
Dimensões	163x132x100	160x122x107
Armação	Na própria base e com o freio fixado por parafuso	Fixada com 2 parafusos na base, vem com o freio injetado na armação
Base	Base fixada ao bloco e a bobina de corrente com martelo	Peça única com o bloco
Bobina de corrente	Fixada ao bloco	Fixada com a bobina de tensão e a armação
Bobina de tensão	Fixada na base	Fixada na armação
Parafusos	20 ao todo	17
Registrador	Fixado por 2 parafusos	Encaixe

Continua na página 76.

Continuação do quadro comparativo dos medidores.

MODELO	M8C	ME21
Suspensão inferior	Encaixadas na base, fixadas por parafusos	Encaixadas na armação, fixadas por parafusos
Disco	Encaixado	Encaixado
Tampa dos terminais	Não existia	Fixada por parafusos

Tampa do medidor	Fixada por parafusos	Sem parafusos
Suspensão superior	Idem inferior	Idem inferior
Etiqueta código de barras	Colada na base	Colada na base
Placa de identificação	Fixada com um parafuso	Encaixe
Ponte	Injetada no bloco	Fixada no cabo da bobina de tensão e posicionada na base

O reprojeto do medidor M8C foi fundamentado nos conceitos de ergonomia e do design para montagem (DFA), para atender às necessidades de montagem e manuseio.

#### 4.1.2. Leiaute

O sistema antigo de montagem do medidor monofásico M8C estava organizado em linha, de forma que os operadores dos 7 primeiros postos realizavam a montagem quase que completa do medidor em um tempo de ciclo 2 minutos. Nos 2 postos seguintes era feita a centragem dos medidores em um tempo de ciclo de 38 segundos. No último posto, situado após a banca de pré-calibração, somente é feita a colocação dos registradores em aproximadamente 18 segundos. Para proporcionar aos funcionários uma maior satisfação e autonomia, reduzindo a repetitividade e a parcialização do trabalho, buscou-se possibilitar a alternância de posturas, alargamento e enriquecimento das tarefas pela implantação do leiaute celular. As atividades que antes eram realizadas ao longo de uma linha com 10 postos de trabalho, passaram a ser realizadas em uma única célula por um único montador. O tempo de ciclo de cada célula ficou em torno de 2 minutos e 38 segundos. Desta forma, para a produção esperada de 61.500 do medidor M8C, calculou-se a produção/dia/homem e determinou-se que eram necessárias 7 células. Para esse cálculo, considerou-se uma jornada de 7 horas e 30 minutos de trabalho.

Cabe esclarecer que o tempo de montagem do medidor reprojeto, o ME21, é maior que do M8C, em função do número de componentes que antes eram montados fora da empresa e passaram a ser fixados na célula. Neste novo medidor, a fixação das bobinas de corrente e tensão na armação foi, durante certo tempo, feita por processo de

remanche ficando inviável, por uma questão de custo e espaço físico, ter um remanchador em cada célula. Criou-se, então, um novo posto, chamado de pré-montagem, onde é feita a fixação das bobinas de corrente e tensão (por remanche) e a magnetização do freio. Com isto, a demanda esperada de medidores era atendida. Este leiaute ainda está em vigor, apesar do processo de remanche da bobina de corrente e tensão na armação ter sido substituído pelo de aparafusamento.

Como o tempo de ciclo do medidor ME21 é de aproximadamente 3 minutos e 39 segundos, são necessárias 12 células de montagem para o novo medidor ao passo que o M8C é montado em 9 células. Portanto, o número de células de montagem do monofásico M8C não atendia à demanda esperada de medidores ME21. Na Figura 1, abaixo são mostrados os dois leiautes, o celular (novo) e o linear (antigo). O tempo de montagem de 3 minutos e 39 segundos considera o tempo levado para montar o medidor desde a pré-montagem até a montagem; no entanto, como esse estudo foi feito somente considerando a montagem dos componentes no copo, o tempo considerado aqui é de 2 minutos e 75 segundos, ou seja, é a média do tempo para montar os componentes no copo. O cálculo foi feito considerando-se a pré-montagem mais a montagem, porque, inicialmente, a proposta era das etapas realizadas na pré-montagem serem incorporadas na montagem, fato esse que nunca veio a acontecer.

Como o tempo de ciclo do medidor ME21 é maior que do modelo antigo M8C, são necessárias 12 células de montagem do novo medidor, ao passo que o M8C é montado em 9 células. Na Figura 34, são mostrados os dois leiautes o celular (novo) e o linear (antigo).

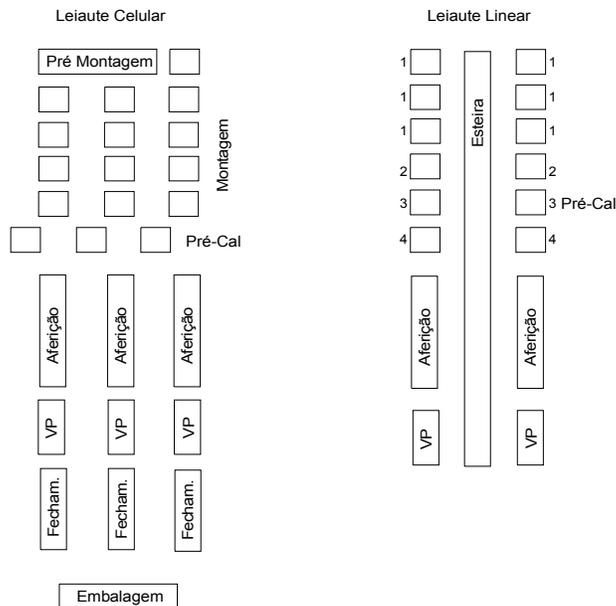


Figura 34: Novo leiaute das células de montagem monofásicas (à esquerda) e o antigo leiaute em linha (à direita)

#### 4.1.3. Posto de trabalho

##### Altura da bancada

Como o trabalho realizado é considerado de média precisão, exigindo, algumas vezes, uso de força manual, pode-se projetar uma bancada com altura fixa, atendendo percentis extremos. Mesas para trabalho de alta precisão requerem dimensionamento de altura mais individualizada o que geralmente resulta na necessidade de regulagem fina Guimarães et al., (2000 c). Geralmente, estas mesas são mais altas para aproximar a superfície de trabalho ao campo de visão. Os ajustes são feitos, então, por cada pessoa, na busca por uma dimensão que atenda tanto à necessidade de manuseio, quanto de visão. Para a determinação de uma altura para a superfície de trabalho de média precisão, adequada ao trabalho tanto em pé, quanto sentado, e que não gerasse posturas e movimentos inadequados, fez-se uso das mesmas medidas verificadas nos testes de protótipo das células de montagem do medidor polifásico ABB proposto por Guimarães et al., (2000 c) e dentro dos limites sugeridos por Grandjean (1998) ficando, então, a altura da bancada em 93 cm.

Dado que esta altura de superfície de trabalho mais elevada não permite que nenhum dos percentis apoiem seus pés diretamente no solo, fez-se necessário acoplar apoio para os pés. Visando atender 90% da população, a altura definida após os testes de protótipo foi de 27 cm com 5 regulagens horizontais.

### **Alocação dos componentes e ferramentas**

Como consequência da transformação da linha em célula, os componentes utilizados na montagem dos medidores tiveram de ser alocados em um único posto, de modo que a disposição dos materiais necessitou ser reestudada, principalmente porque o aumento da quantidade de material em um único posto poderia fazer com que as áreas de alcance excedessem o espaço de preensão disponível.

O espaço de preensão horizontal é determinado por duas distâncias. O primeiro espaço de preensão corresponde à distância do cotovelo-mão, distância mais próxima (área proximal), e o segundo corresponde à distância ombro-mão, que compreende uma distância maior (área distal). A determinação dos valores de preensão horizontal deve considerar o percentil inferior (P5), já que se, o menor alcança, o maior também alcançará Guimarães et al., (2000 c).

Outros fatores que influenciaram na alocação dos componentes foram a seqüência de montagem do produto e a forma de reabastecimento dos postos. A seqüência de montagem foi determinada a partir do trabalho descrito, prescrito e espaço disponível. O reabastecimento foi determinado de modo que essa atividade não interrompa as operações realizadas pelo operador, ou seja, a realimentação vai ocorrer por trás dos postos ou pela lateral, enquanto o operador está trabalhando na célula.

Para evitar movimentos inadequados, adotou-se uma solução de compromisso em que a ordem da seqüência de montagem do produto teve de ser alterada.

### **Área útil para trabalho**

No dimensionamento da área útil de trabalho, buscou-se uma área flexível à montagem dos dois modelos de medidores monofásicos (M8C e ME21), e que ficasse dentro dos limites proximais proposto por Grandjean (1998).

### **Largura, Profundidade e espessura do tampo da mesa**

A largura e a profundidade do tampo da mesa foram dimensionadas de acordo com a área útil de trabalho e a quantidade de ferramentas e componentes alocados, levando-se em conta medidas de área distal e proximal.

A espessura do tampo da mesa ficou em torno de 2 cm para que haja espaço suficiente entre a parte inferior do tampo da mesa e superior das pernas.

## **4.2. TREINAMENTO PARA MONTAGEM DO NOVO PRODUTO**

Durante a implantação do novo leiaute e novo produto, houve um treinamento para os funcionários que já montavam o M8C. O novo produto ME21 foi apresentado pelos facilitadores (engenheiros de processo) e os funcionários puderam aprender mais sobre o novo produto trabalhando com um lote piloto.

O treinamento é um fator de influência nos modos como as pessoas irão realizar o seu trabalho. Na empresa em questão, ele é realizado logo após o processo de seleção, que dá-se da seguinte forma:

1ª fase da seleção: feito por uma empresa terceirizada, é exigido um ano de experiência em indústria, conhecimento em ISO 14001, 9001, 5S e 2º grau completo. São feitas uma entrevista e um teste de agilidade e destreza manual com parafusos;

2ª fase: entrevista com os facilitadores, logo após entrevista com psicólogo;

Se o montador passa por essas fases, logo a seguir passa por um processo de integração durante um dia inteiro (começa as 8:00 da manhã e termina às 17:55).

Os assuntos abordados na integração são:

- histórico da empresa, organograma das áreas, cultura, missão e valores da empresa;
- Horários, transporte, pagamento, faltas, cartão ponto;
- Serviços de suporte;
- Uniformes/ EPIs, 5s;
- Produção;
- Ginástica laboral;
- Informática;

- Manutenção preventiva total;
- Engenharia da qualidade;
- ISO 14001;
- Encerramento com o gerente de manufatura.

Após a integração, no segundo dia começa o treinamento com conhecimento de produto eletromecânico (histórico, princípios de funcionamento, componentes x função, modelos x diferenças, normas de calibração, tipos de carga), programa de auto-controle (objetivos, folha de inspeção, operação de controle, instrumentos/dispositivos, frequência de inspeção), metrologia ( conceitos fundamentais, terminologia, tipos de instrumentos, conceito de resolução, recomendações de uso, relógio apalpador traçador de alturas, micrômetro).

No terceiro dia começa o treinamento no chão-de-fábrica que é feito de forma parcializada. O trabalhador começa a conhecer partes do processo acompanhando um funcionário e ao longo do processo aprende com mais de um funcionário.

Durante a intervenção ergonômica, procurou-se, dentro de um enfoque macroergonômico, propor soluções que buscassem melhoria das condições do trabalho, bem como favorecer a adoção de melhores posturas, ou seja, favorecer a adoção de padrões de movimentos com menor probabilidade de lesão ao trabalhador. No capítulo seguinte, serão apresentadas as ferramentas e a metodologia utilizada para coleta dos movimentos efetuados no novo posto para a montagem do novo medidor ME21, o que permitiu a análise do estilo de trabalho em montagem de precisão.

## **CAPÍTULO 5 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. SUJEITOS**

Das 70 pessoas distribuídas no setor de montagem monofásica, foram filmadas 15 pessoas (cinco homens e dez mulheres) durante a montagem de cinco medidores em média. As idades variavam de 19 a 47 anos e o tempo de empresa de 5 meses a 19 anos. Dessas 15 pessoas, três pessoas, sendo duas do sexo feminino (com idades de 47 anos e 29 anos e tempo de empresa de três e dois anos respectivamente) e a outra do sexo masculino (com idade de 36 anos e tempo de empresa de dois anos) se mostraram dispostas a participar das filmagens no início e no final da jornada de trabalho para permitir avaliar se os modos operatórios variavam com a carga de trabalho imposta durante a jornada.

### **5.2. MÉTODO DE ANÁLISE**

Neste estudo de caso, inicialmente usou-se a técnica de análise interrogativa, seguida de técnicas de observação direta no próprio local de trabalho com o operador desempenhando suas atividades e observações indiretas com base em filmagens.

Segundo Dela Coleta<sup>16</sup> apud Guimarães (2000 a), no método de análise interrogativo o trabalhador é solicitado a falar sobre as atividades. O método é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de trabalhos com enfoque participativo, pois ninguém melhor do que o próprio operador para fornecer os subsídios sobre a forma como seu trabalho é realizado.

Já a observação direta permite o contato direto do observador com o trabalhador realizando suas funções.

As observações indiretas, por meio de fotos e filmes, foram a base das análises dos modos operatórios e dos movimentos realizados. A filmagem foi fundamental para o estudo porque permite análise detalhada em laboratório. Geralmente, os grandes inconvenientes gerados pelas filmagens e pela presença do analista no local de trabalho são as alterações no comportamento dos funcionários que podem mascarar a realidade.

---

<sup>16</sup> Resumo de métodos aplicáveis ao estudo descritivo do curso de especialização em ergonomia na FGV-RJ- 1980.

Neste estudo de caso, este problema foi reduzido, pois a intervenção ergonômica já vinha sendo desenvolvida há mais de um ano quando as filmagens, para análise cinesiológica, foram feitas, e outras filmagens já haviam sido feitas em momentos anteriores, de forma que os sujeitos observados já estavam habituados e inteirados com esta abordagem.

As filmagens dos operadores em atividade foram feitas num ângulo lateral e num ângulo posterior ao operador. O tempo de filmagem com cada montador variou de 10 a 15 minutos, aproximadamente, pois documentou-se a montagem de 3 a 5 medidores por operador. O montador era filmado do início ao fim do processo de montagem de cada medidor. Analisaram-se os movimentos realizados pela mão e punho direito e esquerdo dos operadores, quando da montagem dos medidores monofásicos modelo ME21 (modelo padrão, sem elo de prova e acessórios). Não foram feitas análises na pré-montagem, pré-calibração, aferição, fechamento e embalagem.

Os objetivos da análise era identificar se: I) os modos operantes variavam entre os indivíduos, em função das características do indivíduo (tais como idade, *expertise* e sexo); II) o estilo de um indivíduo era influenciado pelo modo operante de seu treinador (durante a realização das filmagens buscou-se coletar, junto aos funcionários, informações sobre “quem treinou quem” e se os modos operatórios do indivíduo que treinou era igual ao do indivíduo treinado como forma de saber se o treinamento influenciou nos modos operatórios adotados pelos funcionários); III) os modos operantes dos funcionários variavam do prescrito; IV) as mesmas posturas ocorriam nas mesmas etapas e com mais de um indivíduo, sendo, portanto relativas ao posto ou produto.

As análises dos movimentos foram feitas por duas fisioterapeutas observando as mesmas atividades e identificando, com base na literatura de biomecânica e cinesiologia, os movimentos prováveis de desenvolver alguma lesão nas etapas de montagem do medidor. Baseou-se na literatura para identificar quais gestos poderiam gerar menos estresse para as estruturas do punho e da mão, ou seja, se os movimentos ocorreriam dentro de padrões funcionais conforme descritos no capítulo 3, ou com uso de pinças de precisão associadas a grandes desvios.

Para a identificação dos gestos e movimentos durante a análise das filmagens, os analistas guiavam-se pela etapa de montagem. Por exemplo, na etapa 1 (pegar a base), o movimento analisado era o de acesso ao componente, ou seja, quando o operador

entrava em contato com o componente. Neste momento, o movimento era caracterizado de acordo com a literatura. Não foi usado nenhum tipo de cronometragem para a análise biomecânica e movimentos de transição entre uma etapa e outra. Quando identificada a etapa e o movimento, parava-se o vídeo (colocando-o em pausa) e o movimento era, então, analisado. Observa-se que não foi usado nenhum tipo de equipamento para medição de ângulos e contração muscular como cinemetria e eletromiografia. As variáveis de repetitividade e força não foram analisadas, mas foram consideradas como agravantes.

Durante as análises das filmagens, percebeu-se que a maioria dos montadores seguiam uma seqüência de montagem particular, não realizando o trabalho na seqüência de montagem prescrita pela empresa. A folha de processo da empresa nasce com o produto, é feita pela equipe de engenheiros de processo e produto, é estipulado um tempo aproximado de montagem, que é ajustado quando o produto entra na linha após cronometragem.

A partir das observações diretas no próprio local de trabalho, e depoimento dos funcionários, verificou-se que os montadores desmembravam algumas etapas em várias e mudavam as seqüências prescritas. Em uma primeira constatação, verificou-se que, na folha de processo da empresa, a atividade 2 considerava somente a fixação do cabo da bobina de tensão na ponte amperimétrica e não considerava a fixação da outra extremidade da bobina de tensão no terminal de corrente com parafuso. De acordo com a nomenclatura do quadro 8, foi comum observar montadores realizando a atividade 3A como se fosse a primeira etapa, ou seja, realizavam a 3A seguida pela atividade 2 A e 2B para depois irem para a 3B. Esse mesmo tipo de “ida e vinda” na montagem aconteceu também nas etapas 4, 6 e 8. Outra observação importante sobre o trabalho prescrito é a de que na etapa 7 (posicionar parafuso da suspensão superior e inferior) os montadores iriam teoricamente para 8 (posicionar suspensão superior, suspensão inferior e conjunto rotor) e a fixação só ocorreria na etapa 13. Na prática, no entanto, antes da etapa 8 ocorrer, os montadores, em geral, fixavam os parafusos da suspensão superior e inferior porque, se eles não fizessem essa fixação, antes, os parafusos caíam e eles teriam de recolocá-los. Outra informação importante quanto ao modo operante dos funcionários é relacionada à etapa 10 (passar ar comprimido): enquanto alguns não realizavam essa atividade, um montador passava o ar duas vezes.

O quadro 8 mostra o comparativo entre as etapas de montagem prescritas pela empresa e as observadas neste trabalho.

Quadro 8: Comparativo entre as etapas de montagem prescritas e as sugeridas

Etapas de montagem prescrita	Etapas sugeridas
1. Pegar conjunto medidor montado (armação e bobinas)	1. Pegar conjunto pré- montado
2. Fixar cabo da bobina de tensão na ponte amperimétrica e fixar cabo da outra extremidade da bobina de tensão no terminal de corrente com parafuso	2 a. Fixar cabo da bobina de tensão na ponte amperimétrica 2 b. Fixar cabo de tensão no terminal de corrente
3. Posicionar conjunto medidor montado na base integrada	3 a. Pegar base 3 b. Posicionar conjunto pré-montado na base integrada
4. Fixar na base com 02 parafusos	4 a. Colocar 2 parafusos na base 4 b. Fixar na base os 02 parafusos
5. Fixar tampa de terminais na base integrada	5. Fixar tampas de terminais na base integrada
6. Posicionar máscara no bloco e colocar parafuso no terminal	6 a. Posicionar máscara no bloco 6 b. Colocar parafusadeira no terminal 6 c. Fixar 6 d. Tirar máscara
7. Posicionar parafuso da suspensão superior e inferior	7. Posicionar parafuso da suspensão superior e inferior
8. Posicionar suspensão superior, suspensão inferior e conjunto rotor	8 a. Posicionar suspensão superior e inferior e 8b. Posicionar conjunto rotor
9. Colocar etiqueta de rastreabilidade	9. Colocar etiqueta
10. Passar jato de ar comprimido	10. Passar ar comprimido

Continua na página 86.

Continuação quadro comparativo das etapas de montagem prescritas e sugeridas da página 85.

Etapas de montagem prescrita	Etapas sugeridas
11. Pré ajustar centragem sobre a mesa	11. Pré ajustar sobre a mesa
12. Centrar conjunto rotor colocando medidor no pedestal	12. Centrar conjunto rotor colocando medidor no pedestal
13 Fixar suspensão superior e inferior	13. Fixar parafuso suspensão superior e inferior com parafusadeira (manual)
14 Colocar registrador e verificar engrenamento	14. Colocar registrador e verificar engrenamento
15 Colocar conjunto na esteira	15. Colocar na esteira

Com base na seqüência de montagem observada, foi sugerida uma seqüência que poderia ser representativa da maioria dos operadores. A partir dela, foi feita uma análise qualitativa da ordem da seqüência dos desvios entre o modo sugerido e os modos operatórios de cada indivíduo. Analisou-se as seqüências dos indivíduos D e F em dois momentos do dia e do indivíduo M em 3 momentos, criando-se mapas cognitivos que serão apresentados no capítulo 6.

Para analisar as seqüências observadas nas filmagens, atentando para as diferenças entre os montadores e as variações em relação ao prescrito, foi criada uma matriz de proximidade (Figura 35) conforme Ribeiro (2001).

#### **Formação da matriz de proximidade:**

Esta matriz cruza a seqüência de cada operador com a seqüência sugerida e com a seqüência dos demais montadores. O valor da célula representa a distância entre as seqüências comparadas, sendo que quanto maior o valor na célula, maior será a diferença. No anexo 3, são apresentadas as matrizes parciais que deram origem à matriz final.

A seguir serão descritos os passos para formação da matriz de proximidade (A)

1º) Colocar as 22 etapas de 20 seqüências de montagem de diferentes operadores e a seqüência sugerida nas linhas (i), onde  $i = 1, 2, 3, \dots, 22$

2º) Transpor as linhas (i) obtendo, assim, uma matriz  $A = 21 \times 21$ ;

3º) Fazer o cruzamento das linhas (i) pelas colunas (j) calculando a soma do valor absoluto das diferenças  $DA = \sum ABS (X_i - Y_j)$ , onde  $X_i$  refere-se à ordem das atividades do operador i e  $Y$  refere-se a ordem de outro operador j.  $X_i$  pode ser igual a  $Y_j$  quando compara-se o mesmo operador, ou seja, quando  $i=j$ , o valor da célula é zero.

Por exemplo, o operador B apresenta a seguinte seqüência de montagem  $X_3$ :

1-3-2-4-5-8-9-6-10-7-..... 17- 16-14 15-18- 21 22,

enquanto que o montador M1 apresenta a  $Y_3$ :

1-2-3-13-20-4-5-8-6-7-.....16-14-15-18-19-21-22.

A diferença entre as seqüências de montagem dos operadores, ou seja, a distância de um montador em relação ao outro na matriz de proximidade é 71 (ver tabela 1 célula hachurada). Esse valor é o resultado do  $DA = \sum ABS (X_i - Y_j)$ .

Tabela 1: Valor da distância (diferença entre seqüências de montagem) entre os montadores

	Suje	A	B	C	D	E	F	F1	H	I	J	D1	L	M	F2	N	O	P	Q	M1	M2	
																						Média
Suger	0	20	36	36	38	42	44	44	44	38	58	46	46	57	53	85	60	65	77	51	75	48,3
A	20	0	44	48	34	48	40	40	40	34	60	42	62	73	65	87	72	77	75	69	93	53,5
B	36	44	0	30	50	48	58	58	58	52	68	52	56	75	83	109	40	45	83	71	95	57,7
C	36	48	30	0	42	24	60	60	60	54	74	50	50	67	81	111	64	69	85	69	97	58,6
D	38	34	50	42	0	46	34	34	34	28	58	40	44	39	83	97	86	91	79	69	93	53,3
E	42	48	48	24	46	0	64	64	64	58	82	54	66	67	71	93	76	81	79	59	85	60,5
F	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
F1	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
H	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
I	38	34	52	54	28	58	6	6	6	0	30	30	32	67	71	99	80	85	77	67	91	48,1
J	58	60	68	74	58	82	36	36	36	30	0	60	52	41	45	81	96	101	89	87	65	59,8
D1	46	42	52	50	40	54	36	36	36	30	60	0	62	79	77	105	78	83	65	67	97	56,9
L	46	62	56	50	44	66	38	38	38	32	52	62	0	63	79	121	68	73	89	77	99	59,7
M	57	73	75	67	39	67	73	73	73	67	41	79	63	0	50	76	105	110	98	82	60	68,0
F2	53	65	83	81	83	71	65	65	65	71	45	77	79	50	0	60	91	96	104	78	56	68,5
N	85	87	109	111	97	93	97	97	97	99	81	105	121	76	60	0	89	94	116	110	90	91,1
O	60	72	40	64	86	76	76	76	76	80	96	78	68	105	91	89	0	5	95	85	115	73,0
P	65	77	45	69	91	81	81	81	81	85	101	83	73	110	96	94	5	0	100	90	120	77,5
Q	77	75	83	85	79	79	83	83	83	77	89	65	89	98	104	116	95	100	0	44	60	79,2
M1	51	69	71	69	69	59	73	73	73	67	87	67	77	82	78	110	85	90	44	0	30	67,8
M2	75	93	95	97	93	85	97	97	97	91	65	97	99	60	56	90	115	120	60	30	0	81,5
	1015	1123	1211	1231	1119	1271	1061	1061	1061	1011	1255	1195	1253	1428	1438	1914	1533	1628	1664	1424	1712	62,6

**Agrupamento:**

Após criada a matriz de proximidade, são identificados os indivíduos que guardam visível semelhança ou discrepância de estilo de montagem. O agrupamento é feito qualitativamente, de maneira visual, agrupando valores próximos dentro do grupo (intragrupos) e mantendo distâncias maiores entre os grupos (intergrupos). Testa-se as possibilidades de menores valores reagrupando as colunas e linhas que representam a seqüência de determinado montador.

Os valores (distâncias) intergrupos devem ser menores que a distância média de toda a matriz que neste caso, é 62,60 (média= 62,60) e a média da distância intragrupo deve ser menor que a distância intergrupos.

Como critério para início dos agrupamentos, escolhe-se a menor distância da matriz e agrupa-se valores próximos.

Em outras palavras, a média das distâncias entre as pessoas é menor que as distâncias entre grupos. Os indivíduos que não guardavam uma proximidade tão evidente foram agrupados a partir da avaliação da sua distância média ao centróide do grupo (média). Além de permitir identificar os grupos de montadores que apresentam certa proximidade, a matriz permitiu quantificar o quanto esses grupos variavam um do outro. Esta identificação gerou grupos conforme marcados na Figura 36.

#### **Caracterização dos grupos formados.**

Como forma de caracterizar os grupos de montadores, foi feita uma estatística descritiva (média e desvio padrão) para verificar qual variável caracteriza o grupo. O cálculo do coeficiente de correlação de Person (Freund, 1997) verifica a correlação linear entre as variáveis dos montadores pertencentes ao grupo. Foram consideradas as variáveis de sexo, idade, tempo de empresa e tempo de montagem.

Ressalta-se que o número de elementos utilizado para este cálculo restringiu-se aos funcionários que se ofereceram como voluntários. Os resultados apresentados e discutidos no capítulo 6, a seguir, são relativos às 15 pessoas analisadas.

## CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados coletados junto aos montadores gerou dois tipos de resultados: um quanto aos estilos de trabalho (seqüência de montagem, tipos e tempos de reações, comportamento do operador no posto e sua relação com o produto) e outro resultado relacionado com a análise dos movimentos durante a montagem.

Com base nos resultados da matriz de proximidade (tabela 1), identificou-se grupos em que os modos operantes da seqüência de montagem podem ser considerados próximos, conforme descritos a seguir. O valor da célula mostra a distância entre o sujeitos, sendo que quão maior o valor na célula, maior a diferença entre a seqüência sugerida e entre os montadores.

Tabela 2: Matriz de proximidade

	Stage	A	B	C	D	E	F	F1	H	I	J	D1	J	M	P2	N	O	P	Q	M1	M2	
																						<b>Média</b>
Suger	0	20	36	36	38	42	44	44	44	38	58	46	46	57	53	85	60	65	77	51	75	48,3
A	20	0	44	48	34	48	40	40	40	34	60	42	62	73	65	87	72	77	75	69	93	53,5
B	36	44	0	30	50	48	58	58	58	52	68	52	56	75	83	109	40	45	83	71	95	57,7
C	36	48	30	0	42	24	60	60	60	54	74	50	50	67	81	111	64	69	85	69	97	58,6
D	38	34	50	42	0	46	34	34	34	28	58	40	44	39	83	97	86	91	79	69	93	53,3
E	42	48	48	24	46	0	64	64	64	58	82	54	66	67	71	93	76	81	79	59	85	60,5
F	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
F1	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
H	44	40	58	60	34	64	0	0	0	6	36	36	38	73	65	97	76	81	83	73	97	50,5
I	38	34	52	54	28	58	6	6	6	0	30	30	32	67	71	99	80	85	77	67	91	48,1
J	58	60	68	74	58	82	36	36	36	30	0	60	52	41	45	81	96	101	89	87	65	59,8
D1	46	42	52	50	40	54	36	36	36	30	60	0	62	79	77	105	78	83	65	67	97	56,9
L	46	62	56	50	44	66	38	38	38	32	52	62	62	63	79	121	68	73	89	77	99	59,7
M	57	73	75	67	39	67	73	73	73	67	41	79	63	88	88	76	105	110	98	82	60	68,0
P2	53	65	83	81	83	71	65	65	65	71	45	77	79	50	8	60	91	96	104	78	56	68,5
N	85	87	109	111	97	93	97	97	97	99	81	105	121	76	60	8	89	94	116	110	90	91,1
O	60	72	40	64	86	76	76	76	76	80	96	78	68	105	91	89	111	111	95	85	115	73,0
P	65	77	45	69	91	81	81	81	81	85	101	83	73	110	96	94	115	115	100	90	120	77,5
Q	77	75	83	85	79	79	83	83	83	77	89	65	89	98	104	116	95	100	0	44	60	79,2
M1	51	69	71	69	69	59	73	73	73	67	87	67	77	82	78	110	85	90	44	0	30	67,8
M2	75	93	95	97	93	85	97	97	97	91	65	97	99	60	56	90	115	120	60	30	0	81,5
<b>Grupos</b>				<b>1</b>						<b>2</b>					<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>			<b>6</b>		

No grupo 1 apresenta-se a seqüência de montagem de cinco montadores, sendo que os montadores A, B, C têm um tempo de empresa maior de 10 anos e idade superior a 40 anos. Os montadores D e E têm um tempo de empresa de, aproximadamente, dois anos e idade inferior a 30 anos. A seqüência de montagem do montador D, nesse grupo, é a observada no final do dia. O montador A tem um tempo de empresa de 13 anos, mas na montagem quando da realização das filmagens estava há 5 meses. Este montador foi treinado na montagem do ME21 pelo montador D. Esse é o grupo que mais se aproxima da seqüência sugerida.

No grupo 2 apresenta-se a seqüência de montagem de 6 montadores. A letra F representa um indivíduo (47 anos de idade e 3 de empresa) no início do dia e F1 representa o mesmo indivíduo no final do dia. Ele foi o responsável pelo treinamento do indivíduo D1 que, nesse grupo, apresenta a seqüência de montagem adotada no início do dia. Nesse grupo não se encontram semelhanças entre as idades e entre tempo de experiência dos indivíduos, ou seja, o indivíduo H tem 22 anos de idade e 6 meses de empresa, enquanto que o montador J tem 28 anos de idade e 4 meses de empresa e o montador L tem 40 anos e 13 de empresa. Esse é o grupo que se encontra mais próximo à seqüência sugerida, logo após o grupo 1.

A estatística de grupo foi aplicada em todos os grupos. No entanto, só os grupos 1 e 2 foram considerados em função do tamanho da amostra. O resultado da caracterização dos grupos é apresentado nas tabelas 1 e 2. A variável sexo não foi considerada, visto que a maioria da população era representada pelo sexo feminino.

Tabela 3: Estatística do grupo 1

Estatística	Idade	Experiência (em meses)	Tempo de montagem
Média	39,2000	98,4000	1,7460
Desvio padrão	10,4259	69,1433	,3816
Mínima	28,00	24,00	1,41
Máxima	52,00	168,00	2,29

Tabela 4: Estatística do grupo 2

Estatística	Idade	Experiência (em meses)	Tempo de montagem
Média	36,0000	51,1429	1,7886
Desvio Padrão	9,7980	53,6017	,3670
Mínima	22,00	4,00	1,41
Máxima	47,00	156,00	2,40

Nos demais grupos, os indivíduos diferem tanto na seqüência de montagem que formam um “grupo” com uma única pessoa, “grupos” com o mesmo indivíduo no início e final do dia e grupos com dois indivíduos apenas, apesar de serem treinados por montadores dos grupos 1 e 2.

-  Grupo 1 - indivíduo A,B,C, D, E;
-  Grupo 2 – indivíduo F, F1, H, I, J, D1, L;
-  Grupo 3 - indivíduos M no meio do dia e F2;
-  Grupo 4 - composto por apenas um indivíduo;
-  Grupo 5 - indivíduo P e F2;
-  Grupo 6 - um único indivíduo em dois momentos início e final do dia;

Os grupos 1 e 2 concentram os montadores com maior tempo de empresa e apresentam seqüências de montagem semelhantes. Normalmente, estes indivíduos são os responsáveis pelo treinamento dos montadores mais novos, sendo talvez esse o motivo pelo qual se encontram, nesses grupos, os montadores treinados por eles, o que confirma a 2ª hipótese de que o estilo de trabalho de um indivíduo era influenciado pelo modo operante de seu treinador. No quadro 9, apresenta-se a informação sobre o treinamento, ou seja, “quem treinou quem”.

Como forma de saber se havia alguma correlação entre as variáveis, ou se uma das variáveis era mais significativa, ou seja, determinante no grupo, utilizou-se de uma correlação de Person, apresentada na tabela 4.

Tabela 5: Correlação de Person para determinar a variável significativa

		Idade	Experiência (em meses)	Tempo de montagem	Média das seqüências de montagem
Idade	Correlação de Pearson	1,000	,668**	,305	-,289
		,	,001	,191	,217
	N	20	20	20	20
Experiência ( em meses)	Correlação de Pearson	,668**	1,000	,101	-,328
		,001	,	,673	,158
	N	20	20	20	20
Tempo de montagem	Correlação de Pearson	,305	,101	1,000	-,142
		,191	,673	,	,551
	N	20	20	20	20
Média das seqüências de montagem	Correlação de Pearson	-,289	-,328	-,142	1,000
		,217	,158	,551	,
	N	20	20	20	20

\*\* - Correlação significante no nível 0.01.

Observou-se que a única correlação significativa é entre idade e experiência ( $r = 0,668$ ;  $p < 0,01$ ). Não há como saber o efeito da idade, experiência e média das seqüências de montagem nos grupos apresentados na tabela 1 (matriz de proximidade), pois o número de indivíduos é pequeno e não há correlação significativa entre média das seqüências e idade e nem entre experiência e média das seqüências.

Quadro 9: Relação sobre o treinamento

Treinados	Quem treinou
Montador A (grupo 1)	Montador D (grupo 1)
Montador O (grupo 4)	Montador L (grupo 2)
Montador C (grupo 1)	Montador B (grupo 1)
Montador D (grupo 1 e 2)	Montador F (grupo 2)
Montador P (grupo 5)	Montadores B,C (grupo 1), F (grupo 2)
Montador I (grupo 2)	Montador C (grupo 1)
Montador H (grupo 2)	Montadores D (grupo 1 e 2) e F (grupo 2)

Verificou-se que os estilos de trabalho dos montadores variavam quanto às seqüências e diferiam, como era esperado, do prescrito pela empresa, conforme exemplo da seqüência de montagem de alguns operadores (Figura 35, e em anexo, a seqüência dos demais montadores). Isto está de acordo com Feurstein (1996) para quem o estilo de trabalho é um padrão individual de comportamento, cognição e reações fisiológicas que ocorrem na realização da tarefa. Observou-se que os funcionários não montavam na seqüência prescrita pela empresa (etapa de 1 a 15 da coluna à esquerda).

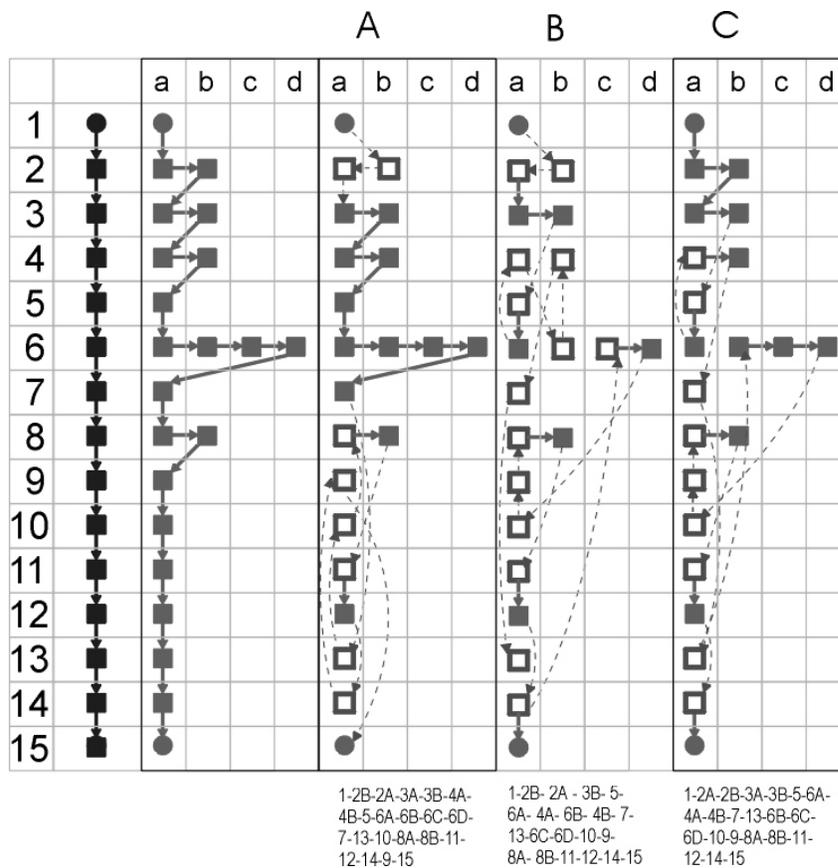


Figura 35: Exemplo de mapas cognitivos das seqüências de montagem ( do medidor redesenhado ME21) de alguns montadores

- Início da atividade
- Atividade fora da ordem do sugerida
- Atividade na ordem do sugerido
- Caminho dentro do prescrito
- >Caminho fora do prescrito

## 6.1. A ROTINA DE TRABALHO

A matriz de proximidade permitiu identificar qual seqüência de trabalho pode ser considerada próxima à seqüência da maioria dos montadores. Isso foi obtido com a verificação da menor média das seqüências, ou seja, a seqüência de montagem do montador I. A seqüência de montagem desse montador poderia ser adotada como rotina de trabalho, ou seja, poderia servir de guia quando do treinamento para funcionários novos. A rotina de trabalho adotada é representativa da maioria dos montadores, ou seja,

ela representa o coletivo dos operadores, corroborando a idéia de Oliveira (2001) para quem existem regras não escritas criadas pelo coletivo dos operadores.

Deve ficar claro que apesar das diferenças entre montagem, os tempos de todos os operadores eram inferiores ao tempo padrão de montagem definido pela empresa. No quadro de caracterização dos funcionários, no anexo B, são apresentados os tempos de montagem das seqüências desses montadores.

## **6.2. QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS DOS INDIVÍDUOS**

A primeira hipótese de que o estilo de trabalho varia em função das características do indivíduo (tais como idade, expertise e sexo) foi parcialmente confirmada. Dentro dessas características, não se observaram diferenças no estilo de trabalho em função de sexo, mas se observaram diferenças em relação à expertise e idade: os indivíduos com mais tempo de empresa e mais idade se encontraram no mesmo grupo ou no grupo próximo, e suas seqüências estavam mais próximas do sugerido. De acordo com as hipóteses de que os estilos de trabalho variam em função do sexo, idade e experiência no posto apresenta-se, no anexo B, um quadro com a caracterização dos funcionários.

## **6.3. QUANTO À VARIAÇÃO DURANTE A JORNADA**

Quanto à variação durante a jornada, conforme mostra a análise da matriz de proximidade (no início deste capítulo), observou-se, em 3 montadores filmados no início e no final do turno que:

- a) O indivíduo D variou seu modo operatório ao longo da jornada. No início do dia seu modo operatório se encontrava no grupo 2 e, no final do dia, se encontrava no grupo 1;
- b) O indivíduo F, tanto no início quanto no final do dia, se encontra no grupo 2 mas, no meio do dia, sua seqüência ficou no grupo 3;
- c) O montador M teve uma seqüência de início e final de turno formando o grupo 6 da matriz. No meio da jornada, este indivíduo apresentou uma seqüência no grupo 3.

Em suma, ao longo da jornada de trabalho, os indivíduos D, F e M variavam seu modo operatório. No entanto, não foi verificada nenhuma relação das variações com o cansaço ao final do dia pois, dos três montadores analisados, dois apresentam o mesmo modo operatório, tanto no início como no final do dia.

Outra constatação feita durante as análises do vídeo e nas observações diretas foi que os montadores, no início da jornada, normalmente vacilam no acesso à componentes e seus movimentos são bruscos e mais lentos, tendendo a harmonizar-se durante o decorrer do dia.

## **6.4. ANÁLISE DOS MOVIMENTOS**

Apesar das seqüências de montagem variarem entre os montadores e diferirem do prescrito, observou-se que os movimentos realizados eram geralmente os mesmos, nas mesmas etapas, e estavam de acordo com as descrições apresentadas no capítulo 3. Pode-se concluir, então, que o posto e o produto manuseado induzem ao mesmo tipo de movimentos, confirmando a quarta hipótese, de que as mesmas posturas ocorriam nas mesmas etapas e com mais de um indivíduo sendo, portanto, relativas ao posto e ao produto.

### **6.4.1 OS MOVIMENTOS E O POSTO**

Os desvios ulnares (Figura 6) e radiais (Figura 7) aconteciam em função da alocação dos componentes no posto. O ideal, em termos de ergonomia, é que os componentes estejam à frente dos montadores dentro da área proximal de alcance. No entanto, nem sempre isto é possível, devido à grande quantidade de material que precisa ser disposto e a forma de abastecimento no posto. Deste modo, alguns componentes ficaram à esquerda e direita do posto, induzindo os montadores a realizarem esses desvios.

Na figura 37, o movimento observado (desvio radial com leve extensão de punho) está de acordo com os movimentos funcionais descritos no capítulo 3 sendo, portanto, melhor que o movimento de desvio ulnar em extensão de punho (Figura 39). No entanto, tanto o movimento observado na figura 37 quanto o observado na figura 39 são adotados em função do posto devido à existência de uma prateleira acima da caixa do componente acessado.

### **6.4.2 OS MOVIMENTOS E O PRODUTO**

A forma como o produto é fabricado também influenciou nos movimentos observados. Pode-se dizer que as pinças, garras e os movimentos de flexão de punho observados foram em função do tamanho, espessura e formato dos componentes do produto porque peças pequenas e de pequena espessura exigem o uso de pinças de precisão (Figuras 40, 42 e 48). As flexões e extensões de punho com a mão em garra foram observadas

quando o montador entrava em contato com o conjunto pré-montado (Figuras 38, 39), quando se encaixava o pré-montado no copo (base) do medidor (Figura 41). Uma postura considerada pior dentro de critérios cinesiológicos foi observada na montadora D ( sexo feminino, com 29 anos de idade e tempo de empresa de 2 anos) pois, enquanto os outros montadores na etapa 3 realizavam o movimento com a mão em garra com flexão/extensão de punho, ela realiza o mesmo movimento executando também desvio ulnar em extensão de metacarpofalangiana. Este movimento é mais estressante e tem maior probabilidade de gerar lesão quando comparado ao outro. Ressalta-se que esse tipo de movimento só foi observado nesse caso.

Durante a colocação dos parafusos das suspensões, observou-se, em alguns momentos e em alguns montadores, movimentos em flexão de punho com desvio radial, sendo esse movimento fora dos padrões funcionais. Seria mais correto, porque são menos lesivos, a flexão de punho associada à desvio ulnar, ou a extensão com desvio radial.

O tipo de encaixe observado na atividade de fixação dos terminais na base integrada é o que induz os movimentos descritos nas etapas que vão de 5 a 6D. Na figura 48, a posição de colocação das suspensões (no sentido horizontal) induziu aos desvios. Observa-se que a colocação no sentido vertical minimiza os desvios adotados, evitando lesões.

Na etapa em que se fez uso de parafusadeira, observou-se que todos os montadores aplicam mais força do que realmente exige essa atividade. Os movimentos observados na colocação da etiqueta (Figura 50, etapa 9) ocorriam em função do formato da base do medidor e da posição da etiqueta na lateral do medidor. Já nos ajustes e aparafusamentos com chave de fenda, observados nas figura 51 e 52, verifica-se o mesmo movimento (fixam com o indicador em flexão estabilizando a chave de fenda). A diferença está no sentido do movimento: quando do aparafusamento, o movimento é no sentido horário e o desvio é ulnar associado à extensão de punho. No ajuste, o movimento é no sentido anti-horário e o punho fica em extensão com desvio radial. De acordo com a literatura, a extensão, juntamente com o desvio radial, é um padrão de movimento funcional, ou seja, mais natural à articulação do punho e, portanto, menos lesivo.

Na etapa de encaixe do registrador (Figura 53 e 54) observou-se dois tipos de movimento em função da posição do medidor. Alguns montadores montam com o medidor na horizontal (Figura 53) segurando o medidor com as duas mãos e fixando o

registrador com abdução e flexão dos polegares, onde se observou a aplicação de menos força e com a gravidade atuando em sentido mais favorável. Outros montadores encaixam o registrador com o medidor na vertical (Figura 54), observando-se a aplicação de maior força e em maior amplitude de movimento, já que dessa maneira o montador tem de segurar o medidor ao mesmo tempo que executa a ação de montagem. No quadro 10 são apresentadas as posturas observadas durante as etapas de montagem. Baseado na revisão bibliográfica apresentada no capítulo 3, não foram identificadas posturas e movimentos fora de padrões funcionais. Contudo, foi observado que alguns montadores empregavam maior força na realização de determinado movimento, enquanto outros realizavam o mesmo movimento em angulações extremas, ou seja, em grandes amplitudes de movimento. A repetitividade de movimentos poderia ser a mesma já que o número de atividades é o mesmo, mas devido ao fato de alguns montadores levarem menos tempo na montagem de um medidor, ocorre que passam a montar medidores em maior quantidade e, como consequência, repetem maior número de movimentos comparativamente.

Movimentos com uso de força em angulações extremas e o uso freqüente de pinças associadas a grandes desvios e a repetição de mesmos grupos musculares, por consequência, podem levar a lesões na articulação do punho. Veiersted et al., (1990)<sup>17</sup> apud Feuerstein (1996) observaram variações nas posturas adotadas entre trabalhadores sintomáticos e assintomáticos em indústria alimentícia. Os indivíduos com sintomas de dor e fadiga, durante a eletromiografia, apresentaram elevados níveis estáticos e menores pausas eletromiográficas (menor tempo de relaxamento) do que os indivíduos assintomáticos. Durante a análise dos movimentos, não foram observadas grandes diferenças nos movimentos realizados entre os montadores, apenas o uso de mais força e amplitude de movimentos maiores em alguns indivíduos.

---

<sup>17</sup> VEIERSTED, K. B., WESTGAARD, R. H. and ANDERSEN, P. Electromyographic Evaluation of Muscular Work Pattern as a Predictor of Trapezius Myalgia. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 19, 284-90,(1993).

Quadro 10: Movimentos observados nas etapas de montagem

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
1. Pegar conjunto pré-montado	 <p data-bbox="537 800 1339 869">Figura 36: extensão de punho com desvio radial, flexão de metacarpofalangiãna s e interfalangiãna s</p>  <p data-bbox="537 1272 1339 1341">Figura 37: Punho levemente estendido com flexão de metacarpofalangiãna e interfalangiãna s</p>

Continua na página 100.

## Continuação quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
1. Pegar conjunto pré- montado	 <p data-bbox="818 703 1339 861">Figura 38: Pegar armação, desvio ulnar com extensão de punho e flexão de metacarpofalangiana e interfalangiana (mesma atividade da figura 1 com outro tipo de movimento)</p>
<p data-bbox="280 907 727 976">2A. Fixa cabo da bobina de tensão na ponte amperimétrica</p> <p data-bbox="280 1012 771 1039">2B Fixa cabo de tensão no terminal de corrente</p>	 <p data-bbox="818 1218 1323 1291">Figura 39: Mão esquerda pinça de precisão e mão direita preensão palmar plena</p>

Continua na página 101.

## Continuação quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
<p>3 A Pega base e posicionar conjunto pré-montado na base integrada .a mão em garrra, em extensão leve de punho.</p>	 <p>Figura 40: posiciona o pré montado com a mão em garra fazendo desvios ulnar e radial</p>
<p>4 A Colocar 2 parafusos na base 4B Fixar na base os 2 parafusos</p>	<p>1.Com pinça tridigital polpa à polpa pegam os parafusos com mão esquerda</p>  <p>Figura 41: Pinça tridigital polpa à polpa Com a mão direita fixa com parafusadeira em prensão Palmar plena (vide Figura 40)).</p>

Continua na página 102.

Continuação do quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
5. Fixar tampas de terminais na base integrada	 <p data-bbox="812 630 1346 745">Figura 42: Punho linha média com flexão de metacarpofalanganas e interfalanganas e desvio radial</p>
<p data-bbox="280 793 609 819">6A Posicionar máscara no bloco</p> <p data-bbox="280 850 609 875">6B Colocar parafuso no terminal</p>	<p data-bbox="812 793 1003 819">6A Idem Figura 43</p> <p data-bbox="812 850 1346 961">6B pega com a mão esquerda em concha pega os parafusos e com pinça tridigital polpa à polpa pegam um por um e colocam no lugar (Figura 42)</p> 
6C Fixar	<p data-bbox="812 1333 1346 1402">6C mão direita em pentadigital comissural firma o medidor e com a esquerda fixa com parafusadeira.</p>  <p data-bbox="812 1675 1161 1701">Figura 43: Pentadigital comissural</p>

Continua quadro na página 103.

Continuação do quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
6D Tirar máscara	<p data-bbox="816 331 1331 447">6D movimento similar a abrir uma garrafa com desvio ulnar (Figura 6) e radial (Figura 7) de punho simultâneo a extensão (Figura 5) de punho.</p>  <p data-bbox="816 804 1060 835">Figura 44: Desvio ulnar</p>
6D Tirar máscara	 <p data-bbox="816 1260 1065 1291">Figura 45: Desvio radial</p>

Continua na página 104.

Continuação quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
<p>7. posicionar parafuso da suspensão superior e inferior</p>	 <p>Figura 46: Pinça tridigital polpa à polpa (mão esquerda)</p>
<p>8A Posicionar suspensão superior e inferior e</p>	<p>8 A Punho em posição.entre prono e supinação, punho em flexão e desvio ulnar (mão esquerda) com pinça coloca a suspensão superior e mão direita posiciona suspensão inferior, punho em leve extensão desvio radial e flexão das metacarpofalanganase interfalanganias.</p> <p>8B. Com a mão esquerda segura em comissural com extensão de metacarpofalangaia de 2º dedo. E com a mão direita insere o disco em tridigital polpa à polpa</p>  <p>Figura 47: Inserção de suspensão com pinças e desvios</p>

Continuação na página 105.

Continuação do quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
8B Conjunto rotor	 <p data-bbox="818 653 1166 684">Figura 48: Inserção conjunto rotor</p>
9. Colocar etiqueta	<p data-bbox="818 730 1328 888">Com a mão esquerda segura base com o punho em extensão flexão de metacarpofalângias e interfalângias e com a direita com pinça pulpo lateral e desvio unar com flexão de punho.</p>  <p data-bbox="818 1157 1292 1230">Figura 49: extensão de punho esquerdo e pinça associada a desvio ulnar em punho esquerdo</p>
10. Passar ar comprimido	 <p data-bbox="818 1549 1295 1665">Figura 50: Com preensão palmar plena associada com movimentos de flexão (Figura 4) para extensão (Figura 5) de punho</p>

Continua na página 106.

Continuação quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
<p>11. Pré ajustar sobre a mesa</p>	<p>Movimento de apertar perfume com desvio ulnar de punho (sentido horário).</p>  <p>Figura 51: Atividade de aparafusamento (flexão do indicador com desvio ulnar)</p>
<p>12. Centrar conjunto rotor colocando medidor no pedestal</p>	<p>Movimento de apertar perfume com desvio radial de punho, mesmo movimento da etapa 51, mas com o membro superior elevado, e com o movimento em sentido anti-horário</p>  <p>Figura 52: Atividade de desaparafusamento com desvio radial e flexão de indicador</p>

Continua na página 107.

Continuação do quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
13. Fixar parafuso suspensão superior e inferior com pf (manual)	Movimento de apertar perfume ver Figura 51
14. Colocar o registrador	<p>Coloca registrador mão em garra com polegar em extensão associado a leve flexão de punho com desvio radial , segurando o medidor</p>  <p>Figura 53: Colocar registrador na vertical</p>
14. Colocar o registrador	<p>Colocar o registrador na horizontal punho em leve desvio ulnar encaixando com os polegares</p>  <p>Figura 54: Registrador na horizontal</p>

Continuação na página 108.

Continuação do quadro 10.

Etapas de montagem sugeridas	Etapas de montagem
15. Colocar na esteira	<p data-bbox="818 331 1295 405">Com a mão esquerda em garra e desvio radial e flexão de polegar</p>  <p data-bbox="818 730 1289 804">Figura 55: Desvio radial com garra e flexão de polegar</p>

Este trabalho não teve como objetivo enfatizar a produtividade, no entanto, verificou-se, que os tempos com os funcionários mantendo sua individualidade, ou seja, realizando as atividades em uma sequência particular (tempos de ciclo variaram de 1,27 a 2,44 segundos) eram menores do que os dados de tempo de ciclo da empresa (2,75 segundos) conforme o prescrito. Isso concorda com a 6ª regra para facilitar a montagem de precisão (Grandjean, 1998), a qual afirma que o ritmo de trabalho livre é superior que ritmos pré-determinados (compasso ou trabalho controlado pelo tempo, esteira rolante).

## CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO

De forma a contribuir com a concepção de produtos e processos sem contudo esquecer o trabalhador e as questões relacionadas com a individualidade, este trabalho foca a relação entre o estilo de trabalho e os movimentos de punho e mão envolvidos em trabalhos de montagem de precisão.

Ficou claro que existem diferentes tipos de estilos de trabalho que são influenciados pela experiência no posto, pela idade e pelo treinamento já que os indivíduos treinados e os seus treinadores tendem a desenvolver estilos de trabalho aproximados. A variável sexo não mostrou ter influência no estilo de trabalho.

Dentro dos modos operantes observados, verificou-se que em um mesmo indivíduo acontecem variações nos modos operantes ao longo da jornada de trabalho. Como era esperado, os indivíduos não adotam uma única postura durante toda a jornada de trabalho, mas não se pode afirmar que este fato esteja relacionado com a carga de trabalho. Apesar da diversidade de estilos foi possível identificar uma seqüência de montagem mais próxima do coletivo dos operadores por meio de uma matriz de proximidade. Esta seqüência respeita a maneira como o trabalho é realmente realizado pela maioria dos operadores.

Os movimentos observados ocorreram dentro de padrões funcionais, ou seja, foram realizados de acordo com o que é considerado normal na literatura em cinesiologia. Padrões funcionais são aqueles padrões de movimentos permitidos pela anatomia da mão, com menor probabilidade de gerar estresse para a articulação, como por exemplo: extensão do punho com flexão de dedos, flexão de punho com extensão de dedos, extensão de punho com desvio radial, flexão de punho com desvio ulnar. No entanto, diferenças na realização dos movimentos foram observadas, principalmente quanto ao uso de força e amplitude de movimentos. Apesar da repetitividade estar intrínseca à própria atividade de montagem, alguns indivíduos estão expostos a uma maior repetitividade em função de montarem em menor tempo de ciclo e, portanto, montando mais medidores em uma dada unidade de tempo repetindo, mais vezes os mesmos movimentos. Os tempos de ciclo observados diferem entre funcionários, mas ficam abaixo do tempo médio de ciclo esperado pela empresa.

Outra conclusão relacionada aos movimentos observados foi de que o produto e o posto induzem às posturas observadas durante as análises das filmagens. Os desvios radial e

ulnar de punho, bem como as pinças de precisão e as preensões, estão todas relacionadas com o posto e o produto.

Os resultados desta dissertação permitem concluir que a individualidade é mais pregnante que as imposições do sistema produtivo e que ao invés de tentar enquadrar o indivíduo às regras da empresa, sejam elas ditadas pelo departamento de produção ou o RH, deve-se buscar adaptar as regras aos indivíduos. Outra conclusão que este trabalho permite chegar é quanto a impropriedade de condicionamentos cinesiológicos que vem sendo propostos por alguns profissionais da saúde no dia a dia das empresas. Na busca pela redução de DORT, alguns profissionais comentam sobre (não há literatura sobre o assunto) e às vezes até colocam em prática, programas para ensinar “as melhores posturas, movimentos, etc” que podem engessar o trabalho e oprimir a expressão da individualidade. Ao invés de se preconizar condicionamentos cinesiológicos, deve-se projetar produtos e processos que induzam os movimentos mais variados e favoráveis à saúde do trabalhador. O foco da ergonomia é, antes de tudo, o coletivo, sem contudo desprezar as individualidades.

Este trabalho apresentou, como limitações, a falta de dados médicos em função de na época da intervenção, ter ocorrido algumas mudanças na equipe médica. Também não há dados de produtividade, em função das folhas de produtividade não terem sido preenchidas com frequência e de maneira correta. Com esses dados, poder-se-ia analisar qual o modo operante seria o mais indicado em termos de produtividade e menor probabilidade de apresentar sintomas de distúrbios ocupacionais.

## **7.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Uma sugestão para pesquisas futuras seria o uso de filmadora com maior capacidade de quadros por segundos, como forma de verificar, mais detalhada e precisamente, os movimentos. Um levantamento de dados médicos e de produtividade poderia ser utilizado para confirmar se estilos de trabalho podem predispor o indivíduo a distúrbios ocupacionais relacionados com o trabalho.

Para se quantificar e afirmar, com maior segurança, se e quais movimentos podem ser mais lesivos, seria adequado o uso de ferramentas como cinemetria e eletromiografia.

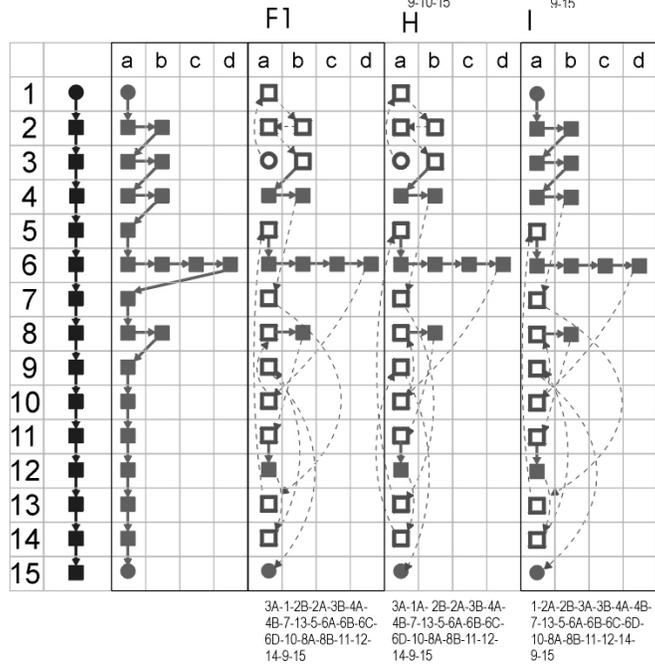
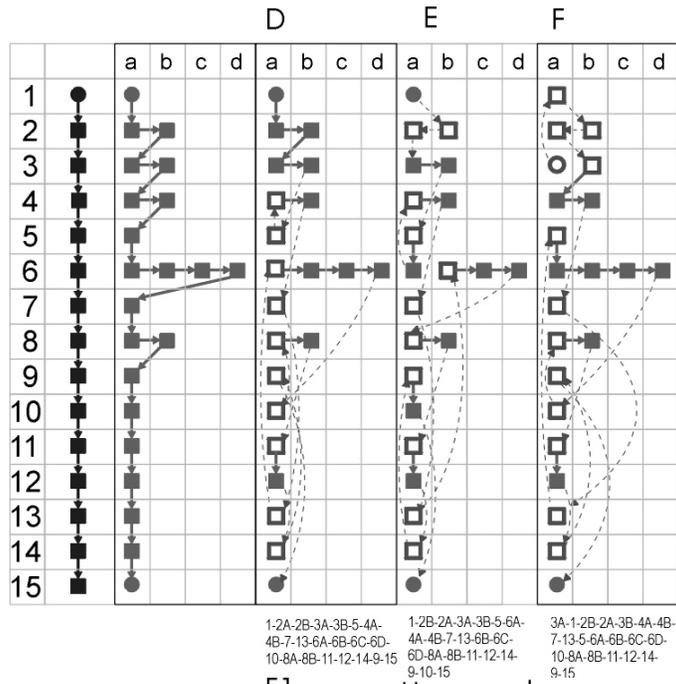
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

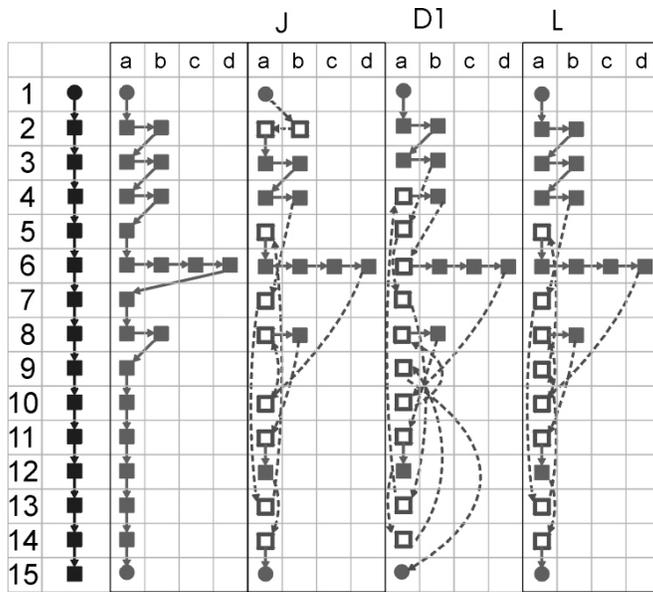
- BARBOZA, H.F.G: 1º curso teórico – prático de lesões por esforço repetitivo ( L.E.R)- Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de São Paulo- faculdade de medicina U.S.P. SP- 1997.
- BENCHEKROUN, T H: Caso de uma Indústria Alimentar. In Fórum Brasileiro de Ergonomia. Porto Alegre: 2000.
- BLACK, J.T: O Projeto da fábrica como Futuro. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- BOOTHOROYD, G et al.,: Product Design for Assembly. Boothoroyd Dewhurst, inc: (Department of industrial and manufacturing Engineering University of Rhode Island 1989.
- BRANDÃO S: Desenvolvimento Psicomotor da mão. Rio de Janeiro: Manole, 1984.
- BROWN, O: The development and domain of participatory Ergonomics. In: IEA WORLD CONFERENCE, LATIN AMERICAN CONGRESS, 3, BRAZILIAN ERGONOMICS CONGRESS, 7, 1995, Rio de Janeiro. *Proceedings*. Rio de Janeiro: ABERGO, 1995, p.28-31.
- BRUNNSTOM, S: Cinesiologia clínica de Brunnstrom, ed 1ª.Ed Manole, 1997.
- CALAIS, B: Anatomia para o movimento- Introdução à análise dos tecidos corporais. São Paulo: Manole, 1992.
- COUTO, H; NICOLETTI, S et al.,: Como gerenciar a questão das L.E.R/D.O.R.T ( lesões por esforços repetitivos/Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Ed Ergo. 1998 Belo Horizonte MG.
- CUNHA, G.D: Desenvolvimento de Produtos. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 1998.
- DIAS, S: Layout e Manufatura Celular. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 1998.
- FEUERSTEIN, M: Workstyle- Definition, Empirical Support, and Implications for prevention, Evaluation, and Rehabilitation of occupational upper-extremity Disorders. In MOON, S.D; SAUTER, S.L. Beyond Biomechanics- Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office work. London, Ed: Taylor e Francis Ltda, 1996. p. 177-206.
- FISCHER, D: Transformação de um sistema de manufatura linear em celular segundo os aspectos micro e macro da ergonomia. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2000.
- FREUND, J et al.,: Modern elementary statistics: 9ª ed – upper saddler river, New Jersey, 1997.
- GHINATO, P: Sistema Toyota de Produção- Mais do que simplesmente Just-in-time. Caxias do Sul: EducS, 1996.
- GLASSCOCK, NF, et al.,: The effect of personality type on muscle coactivation during elbow flexion. *Human Factors* vol41, nº 1, march 1999, pp.51-60.
- GRANDJEAN, E: *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- GUIMARÃES, L.B.M. (ed.). *Ergonomia de Processos*. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2000 a (Série monográfica de ergonomia).

- GUIMARÃES, L.B.M. (ed.). *Ergonomia de Processo 2*. Porto Alegre: PPGE/UFGRS, 2000 b (Série monográfica de ergonomia).
- GUIMARÃES, L.B.M. (ed.). *Ergonomia de Produto 1*. Porto Alegre: PPGE/UFGRS, 2000 c (Série monográfica de ergonomia).
- GUIMARÃES, L.B.M. (ed.). *Ergonomia de Produto 2*. Porto Alegre: PPGE/UFGRS, 2000 d (Série monográfica de ergonomia).
- GUIMARÃES, L.B.M et.al.: Antropometria no reprojeto de uma linha de montagem. *Ergonomia de Produto 1*. Porto Alegre: PPGE/UFGRS, 2000 c (Série monográfica de ergonomia).
- HALLBECK, MS, et.al.: The effects of forearm posture, wrist psture, Gender, and hand on three peak pinch force types. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 36 th Annual meeting- 1992*.pp 801-805. HALLBECK, MS; KAMAL, AH; HARMON, PE- The effects of forearm posture, wrist psture, Gender, and hand on three peak pinch force types. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 36 th Annual meeting- 1992*.pp 801-805.
- HARGENS, A.R, et.al.: Quantification of skeletal – muscle necrosis in a model compartment syndrome. *J Boner Joint Surg* 63A: 631636, 1981.
- HELLANDER, M.G, et al.,,: Design For Human Assembly. In KARWOWSKI, Waldemar; MARRAS, William S. *The Occupational Ergonomics*. New York: Press,1998.
- HENDRICK, H.W: Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of worklife. 2º Congresso Latino Americano e 6º seminário Brasileiro de Ergonomia. Florianópolis, 1993.
- IIDA, Itiro: *Ergonomia - projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998 (5ª Reimpressão).
- IMAMURA, S.T: 1º curso teórico – prático de lesões por esforço repetitivo ( L.E.R)- Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de São Paulo-faculdade de medicina U.S.P. SP- 1997.
- KAPANDJI, IA: *A fisiologia das articulações*. Ed Manole, 1990.
- KWON, O, et al.,,: Evaluation of the manual workload in repetitive wrist and finger motions. *Proceedings of the IEA2000/HFES 2000 congress*. Pp4-555- 4-558.
- LAVILLE, A: *L'Ergonomie*, Universitaires de France, 1976.
- LAZZAROTTO, AR: A concepção da atividade física dos pacientes soropositivos e doentes de Aids: estudo de caso do centro municipal de atendimento em doenças sexualmente transmissíveis e aids de Porto Alegre-Revista ciência e movimento, número 5,pg 26-30, ED:IPA, 2001.
- LEE, Q: *Facilities and Workplace Design: Ann illustrated Guide*. Ed Institute of Industrial Engineers.Georgia- USA, 1997.
- LIMA, F.P. A, et al.,,: *L.E.R Dimensões Ergonômicas e Psicossociais*. Belo Horizonte: Health, 1998.
- MORAES, A et al.,,: *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- NAPIER, JR: The prehensile movements of the human hand. *J bone joint Surg [Br]*38:902,1956.

- NUGUYEN, PT, et al.,: Comparative analysis of functional wrist brace and wrist angle on maximal grasp strength- Proceedings of the IEA2000/HFES 2000 congress. Pp-4-581- 4- 583.
- OLIVEIRA, JT: “Incapacidade e a norma técnica sobre Distúrbios Osteomusculares relacionados ao trabalho- DORT”. Revista Brasileira de Reumatologia – vol.39- julho, 1999.
- OLIVEIRA, P: Fatores Humanos e organização do trabalho – PPGEP- Programa de pós-graduação em engenharia de produção, 2001.
- OSHA: Repetitive Stress Injuries – [WWW.medipal.com/netscape/rsi/](http://WWW.medipal.com/netscape/rsi/): 1999
- PANERO, J, et al.,: Lãs Dimensiones Humanas Em Los Espacios Interiores. México: Ediciones G, Gili, 1993.
- PAUL, D R, et al.,: Individual differences in the activity of dominant forearm muscles during VDT work.Procedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39 th Annual meeting- 1995.
- RANNEY, D: Distúrbios osteomusculares crônicos relacionados ao trabalho. Ed Roca, SP 2000.
- RASCH, P. J, et al.,: Cinesiologia e anatomia aplicada. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1977.
- RIBEIRO, J. L. D: Notas de aula da Disciplina de Métodos Quantitativos. [Porto Alegre, RS: UFRGS/PPGEP/2001].
- SELL, I: Uso da ergonomia no projeto de produto. *Ergonomia de Produto 2*. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2000 (Série monográfica de ergonomia).
- SILVERSTEIN, B. A. F;, et al.,: Occupational Factors and Carpal Tunnel syndrome. American Journal of Industrial Medicine, 1987. pp 343-358.
- SCHOENMARKLIN, RW: Quantification of wrist motion and cumulative trauma disorders in industry. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 35 th Annual meeting- 1991.pp 838-842.
- SHINGO, S: Sistemas de produção com estoque zero – O sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto alegre: Bookman, 1996.
- WICKENS, C.D; et al.,: An Introduction Human Factors Engineering. New York: Longman, 1997.
- WISNER, A: A inteligência no trabalho. São Paulo: Fundacentro, 1994.
- ZELLERS, K.K, et al.,: The effects of gender, wrist and forearm position on maximum isometric power grasp force, wrist force, and their interactions. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39 th Annual meeting- 1995.

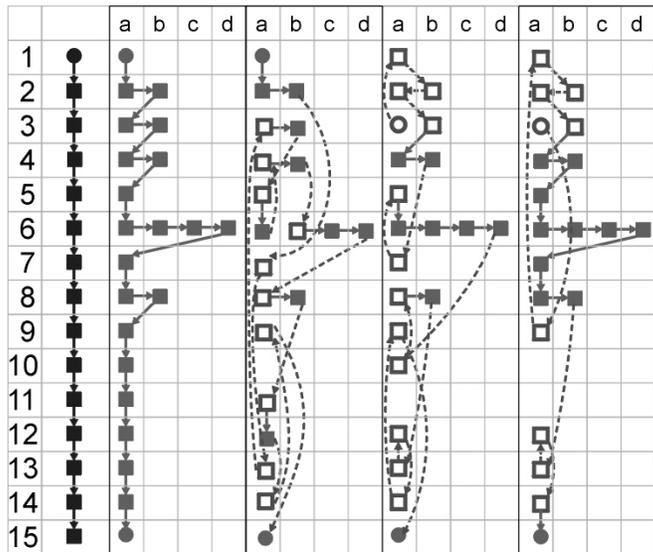
# ANEXO A



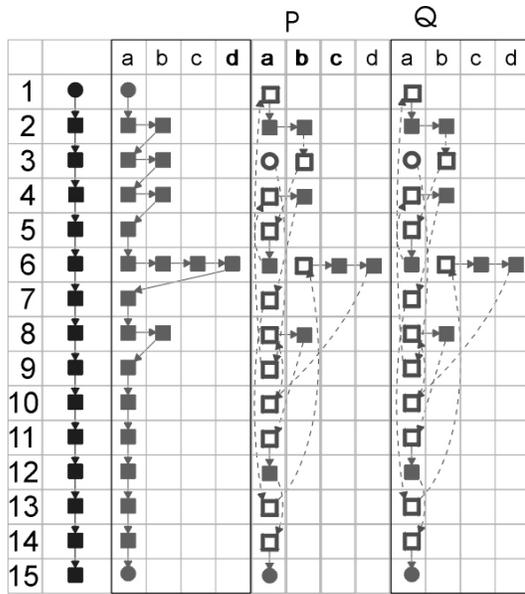


1-2B-2A-3A-3B-4A-4B- 1-2A-2B-3A-3B-5-7-13- 1-2A-2B-3A-3B-4A-4B-  
 7-13-5-6A-6B-6C-6D- 4A-4B-6A-6B-6C-6D-10- 7-13-9-5-6A- 6B-6C-6D-  
 10-8A-8B-11-12-14-15 8A-8B-11-12-14-9-15 10-8A-8B-11-12-14-15

M                  F2                  O

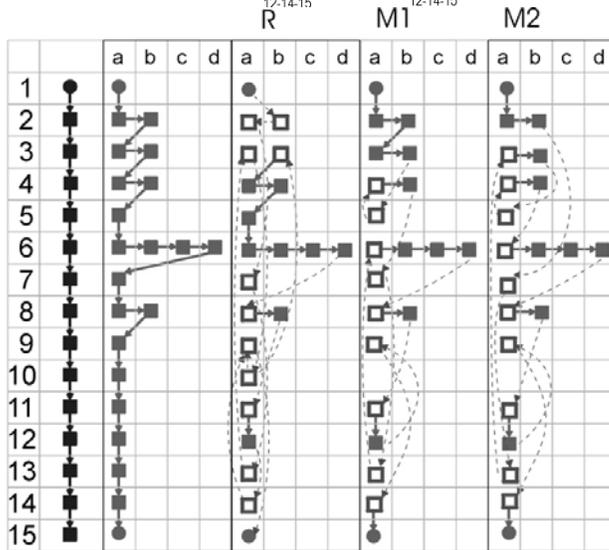


1-2A-2B-7-13-3A-3B-5- 3A-1A- 2B-2A-3B-4A- 3A-9-1-2B-2A-3B-  
 6A-4A-4B-6B-6C-6D- 4B-7-5-6A-6B-6C-6D- 4A-4B-5-6A-6B-  
 8A-8B-11-12-14-9-15 10-8A-8B-13-12-14- 6C-6D-7-8A-8B-13-  
 9-15 12-14-15



3A-9-1-2A-2B-3B-5-  
6A-4A-4B-7A-13-6B-  
6C-6D-10-8A-8B-11-  
12-14-15

3A-9-1-2A-2B-3B-5-  
6A-4A-4B-7-13-6B-  
6C-6D-10-8A-8B-11-  
12-14-15



1-2B-2A-7-13-3A-10-3B-  
4A-4B-5-6A-6B-6C-6D-  
8A-8B-11-12-14-10-9-15

1-2A-2B-3A-3B-5-4A-  
4B-7-13-6A-6B-6C-6D-  
8A-8B-11-12-9-14-15

1-2A-2B-7-13-3A-3B-5-  
4A-4B-6A-6B-6C-6D-  
8A-8B-11-12-9-14-15

## ANEXO B

### Caracterização dos funcionários

SUJEITO	SEXO	IDADE	T de montagem medidor	T de empresa
A	H	42 anos	2,29	11 anos de empresa , 5 meses na célula monofásica
B	F	52 anos	1,48	14 anos de empresa afastada
C	F	45 anos	2,0 2,44	12 anos de empresa
D	F	29 anos	1,41	2 anos de empresa
E	F	28 anos	1,55	2 anos de empresa
F	F	47 anos	2,03	3 anos e 6 meses de empresa
F1	F	47 anos	1,52	

Continua na página 118.

Continuação do Anexo B.

SUJEITO	SEXO	IDADE	T de montagem medidor	T de empresa
H	F	22 anos	2,04	6 meses de empresa
I	H	39 anos	1,50	7 anos de empresa
J	M	28 anos	1'57	4 meses de empresa
DI	F	29 anos	1,42	2 anos de empresa
L	M	40 anos	Início 1,58 Fim 2,13	13 anos de empresa
M	M	36 anos	1,57	2 anos de empresa
F2	F	47 anos	1'59	
N	F	35 anos	2,31	2 anos de empresa

Continua na página 119.

Continuação do anexo B.

SUJEITO	SEXO	IDADE	T de montagem medidor	T de empresa
O	F	25 anos	1,53	7 meses de empresa
P	F	26 anos	1,27	2 anos de empresa
Q	F	24 anos	1,43	2 anos e 3 meses de empresa
M1	F	36 anos	1,59	2 anos de montagem
M2	F	36 anos	1,56	

### ANEXO C

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
B	1	3	2	4	5	8	9	6	10	7	13	20	11	12	17	16	14	15	18	19	21	22
L	1	2	3	4	5	6	7	13	20	16	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	22
J	1	3	2	4	5	6	7	13	20	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	22	0
H	4	1	3	2	5	6	7	13	20	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
O	4	16	1	3	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	19	21	22	0	0
P	4	16	1	2	3	5	8	9	6	7	13	20	10	11	12	17	14	15	18	19	21	22
A	1	3	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	20	17	14	15	18	19	21	16	22
C	1	2	3	4	5	8	9	6	7	13	20	10	11	12	17	16	15	14	18	19	21	22
Q	9	16	1	2	3	5	8	9	6	7	13	20	10	11	12	17	14	15	18	19	21	22
E	1	3	2	4	5	8	9	6	7	13	20	10	11	12	14	15	18	19	21	16	17	22
R	1	3	2	13	20	4	17	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	18	19	21	17	16
I	1	2	3	4	5	6	7	13	20	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
F	4	1	3	2	5	6	7	13	20	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
F1	4	1	3	2	5	6	7	13	20	8	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
F2	4	1	3	2	5	6	7	13	8	9	10	11	12	17	14	15	20	19	21	17	22	0
D	1	2	3	4	5	8	13	20	6	7	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
D1	1	2	3	4	5	8	6	7	13	20	9	10	11	12	17	14	15	18	19	21	16	22
M	1	2	3	13	20	4	5	8	9	6	7	10	11	12	14	15	18	19	21	16	22	0
M1	1	2	3	4	5	8	6	7	13	20	9	10	11	12	14	15	18	19	16	21	22	0
M2	1	2	3	13	20	4	5	8	6	7	9	10	11	12	14	15	18	19	20	16	21	22

### ANEXO D

s	B	L	J	H	O	P	A	C	Q	E	R	I	F	F1	F2	D	D1	M	M1	M2	
1	1	1	1	4	4	4	1	1	9	1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	1	1
2	3	2	3	1	16	16	3	2	16	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	2	3	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	2	3	2	4	4	2	4	13	4	2	2	2	4	4	13	4	13	4
5	5	5	5	5	2	3	5	5	3	5	20	5	5	5	5	5	5	20	5	20	5
6	8	6	6	6	5	5	6	8	5	8	4	6	6	6	6	8	8	4	8	4	8
7	9	7	7	7	6	8	7	9	8	9	17	7	7	7	7	13	6	5	6	5	7
8	6	13	13	13	7	9	8	6	9	6	5	13	13	13	13	20	7	8	7	8	8
9	10	20	20	20	8	6	9	7	6	7	6	20	20	20	8	6	13	9	13	6	6
10	7	16	8	8	9	7	10	13	7	13	7	8	8	8	9	7	20	6	20	7	7
11	13	8	9	9	10	13	11	20	13	20	8	9	9	9	10	9	9	7	9	9	9
12	20	9	10	10	11	20	12	10	20	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	11	10	11	11	12	10	13	11	10	11	10	11	11	11	11	12	11	11	11	11	11
14	12	11	12	12	13	11	20	12	11	12	11	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12
15	17	12	17	17	14	12	17	17	12	14	12	17	17	17	14	17	17	14	14	14	14
16	16	17	14	14	15	17	14	16	17	15	14	14	14	14	15	14	14	15	15	15	15
17	14	14	15	15	20	14	15	15	14	18	15	15	15	15	20	15	15	18	18	18	18
18	15	15	18	18	19	15	18	14	15	19	18	18	18	18	19	18	18	19	19	19	19
19	18	18	19	19	21	18	19	18	18	21	19	19	19	19	21	19	19	21	16	20	20
20	19	19	21	21	22	19	21	19	19	16	21	21	21	21	17	21	21	16	21	16	16
21	21	21	22	16	0	21	16	21	21	17	17	16	16	16	22	16	16	22	22	21	21
22	22	22	0	22	0	22	22	22	22	22	16	22	22	22	0	22	22	0	0	22	22

## ANEXO E

0	36	46	58	44	85	60	20	36	65	42	77	38	44	44	53	46	38	75	57	51
36	0	56	68	58	109	40	44	30	45	48	83	52	58	58	83	52	50	95	75	71
46	56	0	52	38	121	68	62	50	73	66	89	32	38	38	79	62	44	99	63	77
58	68	52	0	36	81	96	60	74	101	82	89	30	36	36	45	60	58	65	41	87
44	58	38	36	0	97	76	40	60	81	64	83	6	0	0	65	36	34	97	73	73
85	109	121	81	97	0	89	87	111	94	93	116	99	97	97	60	105	97	90	76	110
60	40	68	96	76	89	0	72	64	5	76	95	80	76	76	91	78	86	115	105	85
20	44	62	60	40	87	72	0	48	77	48	75	34	40	40	65	42	34	93	73	69
36	30	50	74	60	111	64	48	0	69	24	85	54	60	60	81	50	42	97	67	69
65	45	73	101	81	94	5	77	69	0	81	100	85	81	81	96	83	91	120	110	90
42	48	66	82	64	93	76	48	24	81	0	79	58	64	64	71	54	46	85	67	59
77	83	89	89	83	116	95	75	85	100	79	0	77	83	83	104	65	79	60	98	44
38	52	32	30	6	99	80	34	54	85	58	77	0	6	6	71	30	28	91	67	67
44	58	38	36	0	97	76	40	60	81	64	83	6	0	0	65	36	34	97	73	73
44	58	38	36	0	97	76	40	60	81	64	83	6	0	0	65	36	34	97	73	73
53	83	79	45	65	60	91	65	81	96	71	104	71	65	65	0	77	83	56	50	78
46	52	62	60	36	105	78	42	50	83	54	65	30	36	36	77	0	40	97	79	67
38	50	44	58	34	97	86	34	42	91	46	79	28	34	34	83	40	0	93	39	69
75	95	99	65	97	90	115	93	97	120	85	60	91	97	97	56	97	93	0	60	30
57	75	63	41	73	76	105	73	67	110	67	98	67	73	73	50	79	39	60	0	82
51	71	77	87	73	110	85	69	69	90	59	44	67	73	73	78	67	69	30	82	0