

**LUIS GUILHERME DIAS SILVA**

**MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO NA MONTAGEM DE PEÇAS  
DE MATERIAL COMPOSTO**

**São Paulo**

**2008**



**LUIS GUILHERME DIAS SILVA**

**MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO NA MONTAGEM DE PEÇAS  
DE MATERIAL COMPOSTO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenharia de  
Produção

**São Paulo  
2008**



**LUIS GUILHERME DIAS SILVA**

**MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO NA MONTAGEM DE PEÇAS  
DE MATERIAL COMPOSTO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenharia de  
Produção

Orientador:  
Prof. Dr. Paulino Graciano Francischini

**São Paulo**  
**2008**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Silva, Luis Guilherme Dias**  
Melhoria do processo produtivo na montagem de peças de material  
composto / L.G.D. Silva. – São Paulo, 2008.  
113 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Produtividade 2. Manufatura enxuta 3. Arranjo Físico I. Universidade de  
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção  
II.t.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, fonte de inspiração e dedicação, em todos os momentos



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por sua bondade e compaixão por todos nós.

À minha família (Pai, Mãe, Irmão e Irmã), por todo o apoio e incentivo durante todo o curso de Engenharia, e também durante a realização deste trabalho.

Ao professor Paulino Graciano Francischini, pela ótima orientação dada para a realização deste trabalho.

Ao meu gerente e ao meu supervisor, que além de permitir que o trabalho fosse realizado na área, me apoiaram em tudo o que foi necessário.

Aos meus colegas de trabalho, por sua amizade e pelo compartilhamento de conhecimentos e informações, tão importantes para este trabalho.



## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reduzir os ciclos de trabalho na área de montagem de peças, feitas de material composto, um material utilizado por suas propriedades específicas e interessantes a diferentes indústrias. A empresa lançou recentemente uma nova linha de produtos, e precisa atender a essa demanda, que é fixa, e portanto conhecida com antecedência. Após cuidadosa análise, foram levantados os principais problemas que impedem a área de atingir a esta demanda, e foram então determinadas suas causas-raízes, de modo a atacar com destreza todos os desvios. Utilizando-se de conceitos da Engenharia de Produção, e mais especificamente, da Manufatura Enxuta, mundialmente famosa pelos feitos propagados pela Toyota, foram propostas (e em alguns casos implementadas) melhorias, de modo a solucionar os problemas e diminuir consideravelmente o ciclo de produção de 2 peças, que escolhidas para serem tema deste trabalho. Baseado nas conclusões apresentadas, e na metodologia desenvolvida, fica especificado como esse processo de melhoria pode ser expandido às demais peças, reduzindo da mesma maneira, o tempo total gasto nas montagens realizadas na área.

Palavras-Chave: Produtividade. Manufatura Enxuta. Melhoria de Processo.



## ABSTRACT

This paper has as a goal to reduce the process time in the composite parts assembly area, this kind of material is used by your particular properties, that are interesting for some industry. The company has developed a new product line, and need to attempt this demand, that is fixed, therefore it is known earlier of the production. After careful analysis, it was featured the main problems that do not let the area to achieve that demand, and then it was determined their root causes, to attack efficiently all the deviation. Using Production Engineering concepts, and more specifically, from the Lean Manufacturing, worldy famous by the achievements of Toyota, it was proposed (and in some cases, implemented), improvements, to solve the problems and to reduce the process time of 2 parts, that were chosen to be the theme of this paper. Based on the conclusions presented, and in the method developed, it is showed how this improvement process can be expanded to the other parts, reducing in the same way, the total time spent in the assemblies of the area studied in this paper.

Keywords: Productivity. Lean Manufacturing. Process Improvement



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 – Introdução .....</b>   | <b>13</b> |
| 1.1 – Objetivo do Trabalho.....   | 13        |
| 1.2 – Motivação / Relevância.....                                       | 19        |
| 1.3 – A Empresa .....   | 19        |
| 1.4 – Estágio.....  | 20        |
| <b>2 – Situação Atual.....</b>  | <b>21</b> |
| 2.1 – Área do Trabalho – Montagem de Material Composto .....            | 21        |
| 2.1.1 – Material Composto .....   | 21        |
| 2.1.2 – Processo de Fabricação.....                                     | 23        |
| 2.2 – Detalhamento da situação atual .....                              | 25        |
| 2.3 – Problemas Encontrados.....  | 27        |
| 2.3.1 - Recursos longe do operador .....                                | 28        |
| 2.3.2 - Várias inspeções intermediárias .....                           | 29        |
| 2.3.3 - Excesso de refugo .....   | 30        |
| 2.3.4 - Falta de materiais (reposição demorada).....                    | 33        |
| 2.3.5 - Falta de ferramentas .....                                      | 34        |
| 2.3.6 - Excesso de ajustes .....  | 35        |
| 2.3.7 - Falta de Trabalho Padronizado .....                             | 35        |
| 2.3.8 - Materiais pagos em embalagens plásticas .....                   | 36        |
| 2.3.9 - Falta de Gestão e Auxílio Visual .....                          | 36        |
| 2.3.10 - Indefinição de processo de fabricação dos Produtos X e Y ..... | 37        |
| 2.4 – Definição do Escopo do Trabalho .....                             | 38        |
| <b>3 – Revisão Bibliográfica .....</b>                                  | <b>41</b> |
| 3.1 – Arranjo Físico.....   | 41        |
| 3.2 – Ergonomia .....   | 44        |
| 3.3 – Tempos e Métodos .....  | 47        |
| 3.3.1 – Histórico .....   | 47        |
| 3.3.2 – Processo .....  | 48        |
| 3.3 – Medição de Tempos .....   | 49        |
| 3.4 – Teoria da Produção .....  | 52        |
| 3.4.1 – Tipos de Processo em Manufatura.....                            | 52        |
| 3.4.2 – Matriz produto-processo.....                                    | 53        |
| 3.5 - Lean Manufacturing .....  | 55        |
| <b>4 – Análise dos problemas .....</b>                                  | <b>60</b> |
| 4.1 – Busca da causa-raiz .....   | 60        |
| 4.1.2 - 5 Porquês, de Taiichi Ohno.....                                 | 60        |
| 4.1.2 - Aplicação dos 5 Porquês .....                                   | 61        |
| 4.1.3 - Diagrama de Ishikawa.....                                       | 62        |
| 4.1.4 - Aplicação do Diagrama de Ishikawa .....                         | 63        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2 – Definição Causas Raízes .....                      | 66         |
| 4.2.1 - Excesso de Refugo .....                          | 68         |
| 4.2.2 - Excesso de Ajustes .....                         | 69         |
| 4.2.3 - Falta de Ferramentas .....                       | 69         |
| 4.2.3 - Recursos Distantes .....                         | 69         |
| 4.3 – Escolha das Soluções .....                         | 71         |
| 4.3.1 - Excesso de Refugo .....                          | 71         |
| 4.3.2 - Excesso de Ajustes .....                         | 71         |
| 4.3.3 - Falta de Ferramentas .....                       | 72         |
| 4.3.4 - Recursos Distantes .....                         | 73         |
| <b>5 – Plano de Implementação das Soluções .....</b>     | <b>74</b>  |
| 5.1 – Pré-Montagem.....                                  | 76         |
| 5.1.1 - Ferramentas .....                                | 76         |
| 5.1.2 - Abastecimento de Itens (Aproximar recursos)..... | 77         |
| 5.1.3 - Layout da célula .....                           | 78         |
| 5.1.4 - 5S .....   | 79         |
| 5.2 – Durante a Montagem.....                            | 80         |
| 5.2.1 - Acompanhamento da Montagem.....                  | 80         |
| 5.3 – Pós- Montagem .....                                | 82         |
| <b>6 – Implementação.....</b>                            | <b>84</b>  |
| 6.1 – Pré-Montagem.....                                  | 84         |
| 6.1.1 - Layout.....                                      | 84         |
| 6.1.2 - Ferramentas .....                                | 87         |
| 6.1.3 - Abastecimento.....                               | 90         |
| 6.1.4 - Aplicação do 5S.....                             | 92         |
| 6.2 - Durante a Montagem .....                           | 93         |
| 6.2.1 - Acompanhamento da Montagem.....                  | 93         |
| 6.2.2 - Medição dos Tempos .....                         | 94         |
| 6.2.3 - Controle da Movimentação .....                   | 95         |
| 6.3 - Pós-Montagem.....                                  | 97         |
| 6.3.1 – Trabalho Padronizado .....                       | 95         |
| 6.3.2 – Definição Layout Micro.....                      | 95         |
| 6.4 - Conclusão processo.....                            | 107        |
| <b>7 – Conclusões .....</b>                              | <b>109</b> |
| 7.1 – Resultados .....                                   | 109        |
| 7.2 – Próximos trabalhos.....                            | 111        |
| <b>8 – Referências Bibliográficas .....</b>              | <b>112</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 – Composição genérica de um material composto.....  | 24 |
| Figura 2.2 – Alguns dos fatores que podem influenciar as propriedades dos materiais compostos .....            | 24 |
| Figura 2.3 – Processo de Fabricação e Montagem de Peças de Material Composto .....                             | 24 |
| Figura 2.4 – Exemplo de Kit ferramenta .....   | 24 |
| Figura 2.5 – Exemplo de peças com problemas (furo indevido, à esq., e furo ovalizado, à dir.) .....            | 24 |
| Figura 2.6 – Falta de Bucha em Kit para furação .....  | 24 |
| Figura 2.7 – Materiais fornecidos em embalagens plásticas, e sem qualquer organização.....                     | 24 |
| Figura 3.1 – Classificação do tipo de processo em relação ao volume x variedade .....                          | 24 |
| Figura 3.2 – Relacionamento entre redução das perdas, padronização do trabalho e o progresso (melhoria) .....  | 24 |
| Figura 4.1 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Refugo de Peças .....                                    | 24 |
| Figura 4.2 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Excesso de Ajustes.....                                  | 24 |
| Figura 4.3 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Refugo de Peças .....                                    | 24 |
| Figura 4.4 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Recursos Distantes .....                                 | 24 |
| Figura 5.1 – Esboço Peça A.....  | 24 |
| Figura 5.2 – Esboço Peça B .....   | 24 |
| Figura 5.3 – Pontos de Melhoria, e sua ocorrência no processo de montagem.....                                 | 24 |
| Figura 5.4 – Folha utilizada para tomada dos tempos.....   | 24 |
| Figura 5.5 – Exemplo de folha com Layout utilizada para acompanhar movimentação .....                          | 24 |
| Figura 5.6 – Classificação de atividades quanto ao valor .....   | 24 |
| Figura 6.1 – Layout da Célula da Peça A.....   | 24 |
| Figura 6.2 – Layout da Peça B .....  | 24 |
| Figura 6.3 – Kit de Ferramentas confeccionado para Célula Peça A .....   | 24 |
| Figura 6.4 – Kit de Ferramentas confeccionado para Célula Peça B .....   | 24 |
| Figura 6.5 – Bandeja com os itens da Peça A, a serem abastecidos pela Logística.....                           | 24 |
| Figura 6.6 – Identificação de regiões do gabarito, da Peça B .....   | 24 |
| Figura 6.7 – Célula Peça B.....  | 24 |
| Figura 6.8 – Folha de Acompanhamento de Processos preenchida .....   | 24 |
| Figura 6.9 – Folha de Controle de Movimentação preenchida para a peça A .....                                  | 24 |
| Figura 6.10 – Exemplo de TCTP da Peça A.....   | 24 |
| Figura 6.11 – Exemplo de Trabalho Padronizado da peça A .....  | 24 |
| Figura 6.12 – Fluxo nas células.....   | 24 |
| Figura 6.13 – Novo layout da célula da Peça A.....   | 24 |
| Figura 6.14 – Bandeja com ferramentas e com itens de montagem, na célula da peça A .....                       | 24 |
| Figura 6.15 – Rota de Abastecimento e posições disponíveis para alocação de recursos na célula da peça B ..... | 24 |
| Figura 6.16 – Novo posicionamento na célula da peça B .....  | 24 |
| Figura 6.17 – Ferramentas posicionadas na posição 3 da célula da peça B .....                                  | 24 |



## **LISTA DE TABELAS**

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 2.1 – Vantagens e Desvantagens do material composto .....  | 22  |
| Tabela 2.2 – Ponderização dos problemas mais relevantes à produção .....                                  | 38  |
| Tabela 2.3 – Totalização dos pontos relativos à cada problema, e sua porcentagem em relação ao total..... | 39  |
| Tabela 3.1 – Tipos de Processo, e os arranjos físicos correspondentes .....                               | 43  |
| Tabela 4.1 – Análise 5 Porquês, para o problema de excesso de refugo .....                                | 61  |
| Tabela 4.2 – Análise 5 Porquês, para o problema de falta de ferramentas.....                              | 61  |
| Tabela 4.3 – Análise 5 Porquês, para o problema de excesso de ajustes .....                               | 62  |
| Tabela 4.4 – Análise 5 Porquês, para o problema de Recursos Longe do Operador ....                        | 62  |
| Tabela 4.5 – Ponderação das Causas-Raízes encontradas, para definir as prioritárias                       | 67  |
| Tabela 4.6 – Resumo das principais causas-raízes, após levantamento de importância .....                  | 68  |
| Tabela 6.1 – Listagem realizada para obter ferramentas necessárias e disponíveis .....                    | 89  |
| Tabela 6.2 – Cálculo da Quantidade metros percorrida pelo operador .....                                  | 98  |
| Tabela 6.3 – Dados obtidos através da medição das Peças A e B .....                                       | 99  |
| Tabela 6.4 – Análise de Valor das Peças A e B .....   | 99  |
| Tabela 6.5 – Resultados obtidos após melhorias na célula da peça A .....                                  | 109 |



## LISTA DE GRÁFICOS

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 1.1 – Produção Mensal Planjeada e Real no ano de 2008 .....   | 25  |
| Gráfico 1.2 – Evolução no Tempo de Montagem da Peça A e da Peça B de acordo com o número da montagem .....    | 26  |
| Gráfico 1.3 – Ciclo de Montagem (em dias) e Quantidade Média de Não-Conformidades por peça (Top 5 Peças)..... | 28  |
| Gráfico 2.1 – Gráfico de Não-conformidades entre as áreas .....   | 27  |
| Gráfico 2.2 – Gráfico de tipo de não conformidades registradas na área .....                                  | 31  |
| Gráfico 2.3 – Gráfico de Pareto dos problemas mais importantes para a produção .....                          | 39  |
| Gráfico 6.1 – Classificação das Atividades que não-agregam valor – Peça A .....                               | 100 |
| Gráfico 6.2 – Classificação das Atividades que não-agregam valor – Peça B .....                               | 100 |



## **1 – Introdução**

### **1.1 – Objetivo do Trabalho**

Este trabalho tem como objetivo estudar a organização da produção, no setor que realiza a montagem de subconjuntos, que serão montados nos produtos finais. Atualmente a área possui problemas como atrasos freqüentes, desperdícios de peças e pessoas e processos não-maduros, ainda apresentando muitas falhas. O efeito desejado com o projeto é a redução de perdas, evitar atrasos e estabelecer processos robustos. Desse modo, a empresa poderá obter sucesso com sua nova linha de produtos, que estará entrando brevemente no competitivo mercado internacional.

Atualmente, a montagem apresenta alguns problemas, como refugos de peças, faltas (de ferramentas e peças componentes), e atrasos. Estes problemas acabam impactando no custo da empresa, bem como pode atrasar a entrega de alguns produtos, o que irá gerar insatisfação por parte dos clientes. Em um mercado muito disputado, com players de grande poder, a empresa corre o risco de ficar para trás devido a estes problemas internos.

Para ajudar nesta análise, foram escolhidas algumas ferramentas, do universo da Engenharia de Produção. Entre elas, destaca-se a Manufatura Enxuta, conceito originado com a Toyota no Japão, e que traduz a busca pela simplicidade e fluidez das operações industriais, aliada ao retorno financeiro desejado. A empresa já desenvolve trabalhos utilizando esta metodologia, em diferentes áreas.

Os problemas foram levantados a partir da análise dos dados fornecidos pela empresa, sobre número de não-conformidades da área, as peças mais responsáveis por essas não-conformidades, além das causas do problema, em cada peça. Esses problemas foram então classificados, e foram selecionados os mais importantes para serem tratados neste trabalho.

De posse destes problemas escolhidos (os mais relevantes), foi feito uma análise de busca das reais causas dos mesmos, e após esta etapa, elaborou-se um plano de ação. Houve a implementação de alguns pontos deste plano, e consequente indicação dos que ainda seriam implementados.

Com os resultados obtidos, espera-se que a empresa consiga eliminar (ou reduzir profundamente) os fatores que influenciam negativamente a produção, de modo a atender com mais qualidade, em menor tempo e com menor custo sua clientela.

## 1.2 – Motivação / Relevância

O grande desafio presente na área atualmente é atender a nova e crescente demanda de 2 novos modelos de produto, aqui chamado de Produto X e produto Y. A área de montagem de subconjuntos de material composto (estudada neste trabalho) é atualmente o gargalo de todo o processo de fabricação, sendo a responsável pela maior parte dos atrasos que ocorrem. A introdução destes novos modelos na área aconteceu no início de 2008, e desde então todo um processo de adaptação e melhoria tem sido feito para que a área possa atender a cadência (demanda mensal) de entrega de produtos.

Embora as primeiras unidades de peças do Produto X tenham sido fabricadas no início de 2008, ao final do ano de 2009, a área tem que estar produzindo a uma demanda de mais de 15 unidades de cada produto ao mês. Atualmente, passados mais de nove meses, a área está produzindo entre a 12<sup>º</sup> e a 16<sup>º</sup> unidade do produto, dependendo da peça, a uma cadência estimada de 4 unidades/mês.

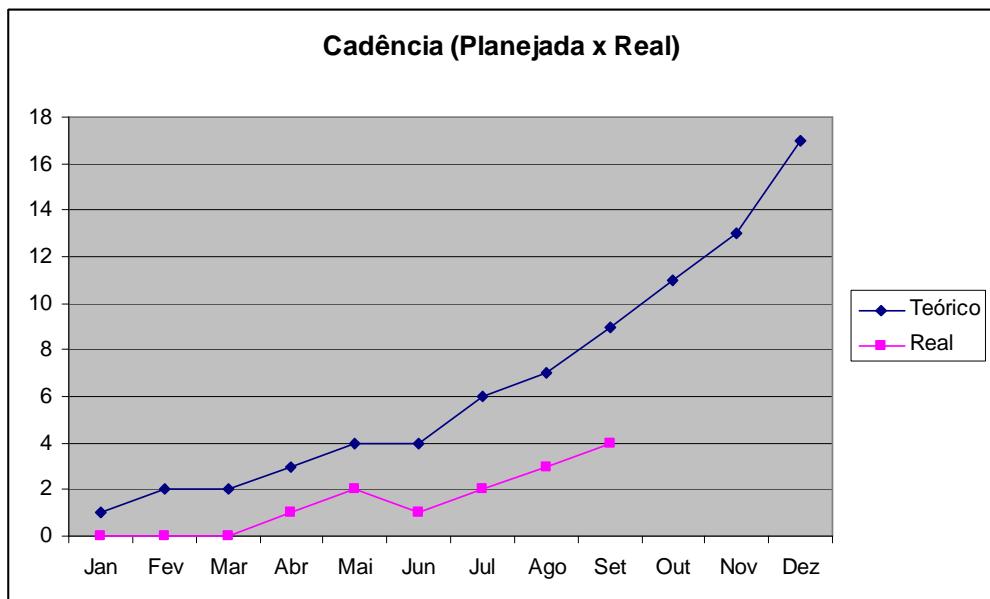


Gráfico 1.1 – Produção Mensal Planejada e Real no ano de 2008

As primeiras unidades do produto Y ainda estão sendo produzidas, porque este produto irá entrar no mercado praticamente um ano após o Produto X. Portanto, todos os esforços para melhoria estão focados na produção de peças do Produto X. Resolver os problemas que já foram levantados neste trabalho se torna fundamental para atingir a meta, que por mais difícil que seja, é o atendimento ao cliente que deve ser realizado.

A chave fundamental para o sucesso desta jornada é reduzir o ciclo de produção de cada peça, permitindo que o número de peças produzidas ao mês alcance o número desejado. Se for analisado o tempo de produção para cada peça já produzida, irá se perceber que o ciclo de produção atual é bem menor do que o registrado nas primeiras peças, ainda no início. Isso se deve graças à Curva de Aprendizagem, que mostra que naturalmente se melhora o tempo de trabalho por causa da familiarização do operador com a montagem, e também devido aos esforços já realizados pela Engenharia de Produção, como ajustes em gabaritos, e correções de erros em projetos.

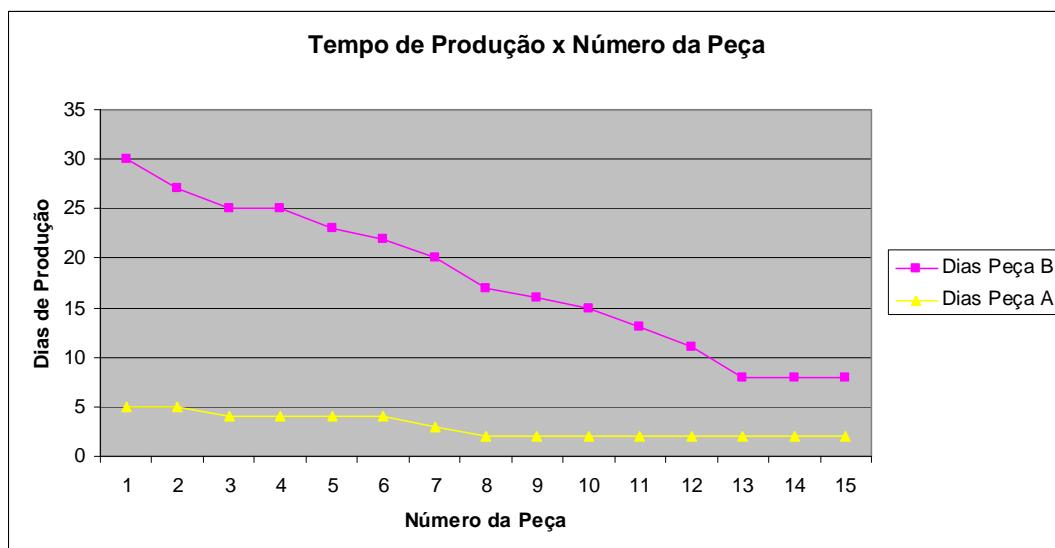


Gráfico 1.2 - Evolução no Tempo de Montagem da Peça A e da Peça B de acordo com o número da montagem

Uma das maneiras utilizadas para se analisar a produção foi através dos conceitos da Manufatura Enxuta, sistema de produção consagrado pela Toyota e no auge de sua aplicação por empresas em todo o mundo. Com o enfoque principal na

redução de desperdícios, espera-se que este sistema possa colaborar em muito com a área em questão, que apresenta muitas oportunidades de melhoria.

O desejo deste trabalho é então, rever a literatura sobre Manufatura Enxuta (que inclui todo o histórico de aplicação da mesma, seus fundamentos e aplicações), bem como outros pontos do universo da Engenharia de Produção, como Arranjo Físico, Ergonomia, Tempos e Métodos, TPM (ambos também relacionados e presentes no Lean Manufacturing), para então apresentar um projeto de melhoria dos meios de produção à área de montagem de material composto.

A área é composta por centenas de peças diferentes, que podem ser agrupadas em dois grupos principais:

- peças pequenas (ou rápidas)
- peças grandes (ou demoradas).

Peças grandes são aquelas que têm um ciclo de montagem maior que 20 horas. Como as peças grandes (ou demoradas), são as que mais impactam na quantidade de homens-hora utilizados, e também as que têm o maior ciclo de produção (e por isso são aquelas que estão mais longe de atingir o ciclo necessário para se atender a demanda), estas serão o foco deste trabalho.

Inicialmente será utilizada uma peça de ciclo mais curto (chamada de Peça A), que irá servir de primeiro experimento, onde serão aplicadas as informações obtidas através da revisão bibliográfica, e espera-se obter daí um modelo para aplicação nos demais. A partir da conclusão deste, será realizado o mesmo projeto na peça mais problemática e crítica para a área: chamada aqui de Peça B. É a peça de ciclo mais longo (20 dias), e uma das mais complexas existentes na área.

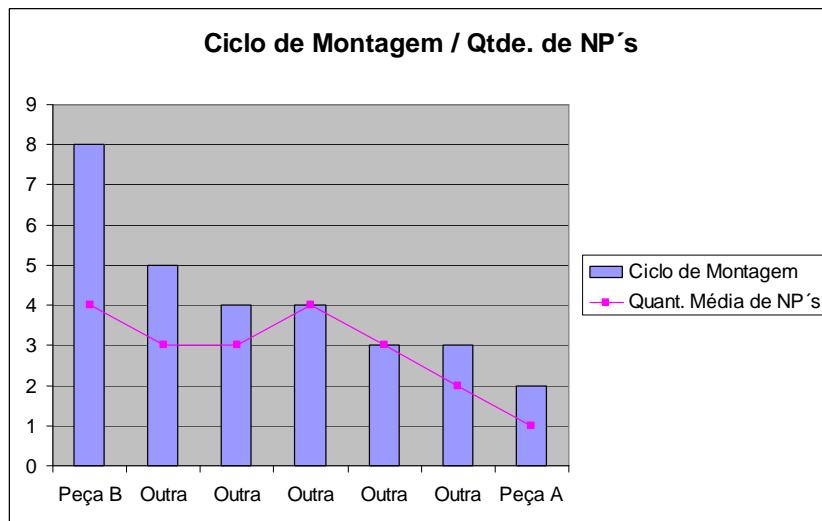


Gráfico 1.3 – Ciclo de Montagem (em dias) e Quantidade Média de Não-Conformidades por peça (Top 5 Peças)

A partir das experiências, sucessos e falhas obtidos nestas 2 primeiras peças, será possível elaborar um plano de ação e melhoria, para que todo o conhecimento gerado possa ser aproveitado pelas demais pessoas e aplicado às demais peças e gabaritos da área, transformando a área em modelo de aplicação da manufatura enxuta, e colhendo os frutos da aplicação deste sistema.

### **1.3 – A Empresa**

A empresa é uma fabricante nacional de grande porte, que produz bens duráveis de alto valor. Devido à política de proteção das informações da empresa, não será possível divulgar o nome da mesma. Nem mesmo a descrição em detalhes do setor será possível, visto que assim seria possível a identificação da empresa. Entretanto, para os fins deste trabalho, não haverá prejuízo com a omissão desta informação.

A empresa conta com um portfólio variado de produtos, abrangendo diversas faixas de mercado e preço. Ela conta com cliente em todas as partes do mundo, sendo que a maior fatia deles se encontra fora do Brasil.

## 1.4 – Estágio

O Estágio foi realizado durante o ano de 2008, na área de Engenharia de Produção da Montagem de Material Composto. Como área de Engenharia de Produção, ela é a responsável por dar suporte e apoio à área produtiva, provendo melhorias e ajustes necessários ao melhor funcionamento da área.

Como atividades do setor, podem-se citar:

- Atendimento de Ordens de Modificação de Produto
- Acompanhamento de Não-Conformidades
- Atendimento de Reparo de Produtos
- Correção de itens de projeto e ferramental
- Elaboração de Roteiros de Produção
- Atendimentos diversos à produção
- Melhoria Contínua da produção

O estágio foi realizado em diversas atividades da área, como atendimento à produção e atendimento de reparos, de modo a obter-se familiaridade com a área em questão.

Então, foi desenvolvido o trabalho na área de Melhoria Contínua, visando aplicar os conceitos do Lean Manufacturing, a toda a área de Montagem de Matéria Composta. Estas práticas são apoiadas pela política da empresa neste sentido.

## **2 – Situação Atual**

### **2.1 – Área do Trabalho – Montagem de Material Composto**

#### **2.1.1 – Material Composto**

Chama-se de material composto a combinação de dois ou mais componentes que conferem ao produto resultante propriedades especiais, como rigidez, resistência específica, baixo peso, entre outras. Os principais componentes dos compostos são a fibra (reforço) e a matriz aglutinante (resina). Freqüentemente esse sistema tem sua rigidez aumentada através da utilização de materiais de enchimento (como núcleos de colméia, e espuma).



Figura 2.1 – Composição genérica de um material composto

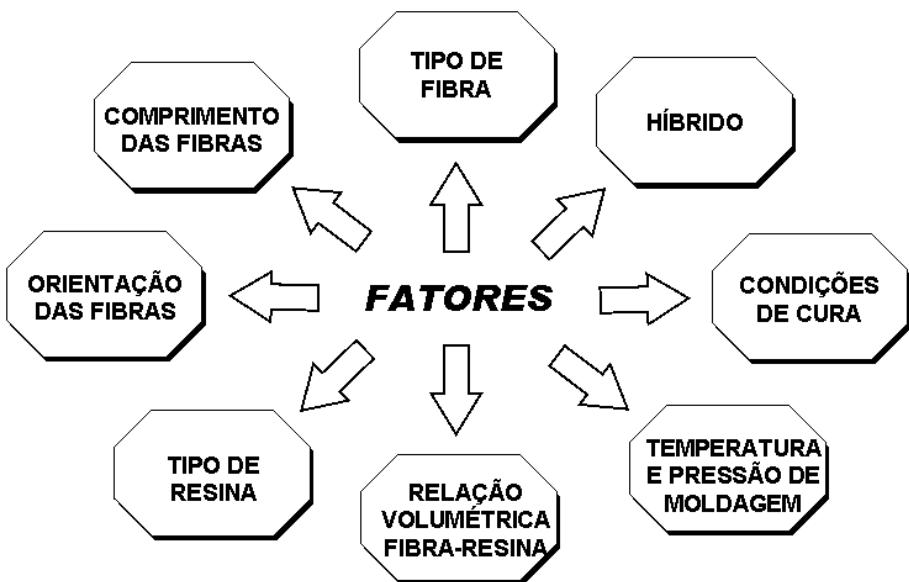


Figura 2.2 – Alguns dos fatores que podem influenciar as propriedades dos materiais compostos

| MATERIAL COMPOSTO   |  |
|---|--|
| Vantagens   | Desvantagens   |
| 1) alta resistência específica e rigidez.<br>2) aumento da vida em serviço.<br>3) ausência de corrosão.<br>4) maior resistência à fadiga.<br>5) redução do número de partes.<br>6) obtenção de geometrias complexas.<br>7) baixo índice peso / resistência.<br>8) menor custo final para peças complexas. | 1) maior custo da matéria-prima.<br>2) usinabilidade limitada.<br>3) absorção de umidade acentuada.<br>4) inspeções rigorosas.<br>5) ensaios necessários.<br>6) armazenamento de matéria-prima<br>7) processo de manufatura com diversas variáveis |

Tabela 2.1 – Vantagens e Desvantagens do material composto

### **2.1.2 – Processo de Fabricação**

As propriedades mecânicas do material composto são diretamente influenciadas pelo processo utilizado para sua fabricação. Fatores como peso, acabamento, resistência à temperatura de trabalho, a ataques químicos e às intempéries também são consequência do processo adotado.

Pontos importantes a serem observados, durante a escolha do processo:

- escolha do tipo de ferramental mais adequado
- controle da vida útil da matéria-prima
- controle da atmosfera no local de trabalho
- cuidados na laminação
- preparação para a cura
- ciclo de cura
- desmoldagem
- operações de usinagem e acabamento
- disponibilidade de equipamentos necessários e sua correta utilização.

As etapas que mais caracterizam o processo de fabricação de composto são a laminação e a cura. A laminação consiste do arranjo das fibras (formando uma lâmina), e posteriormente das lâminas (formando um laminado). Já na etapa de cura, o calor é o responsável por conformar e dar as propriedades especiais desejadas neste tipo de material.

As etapas de fabricação presentes são:

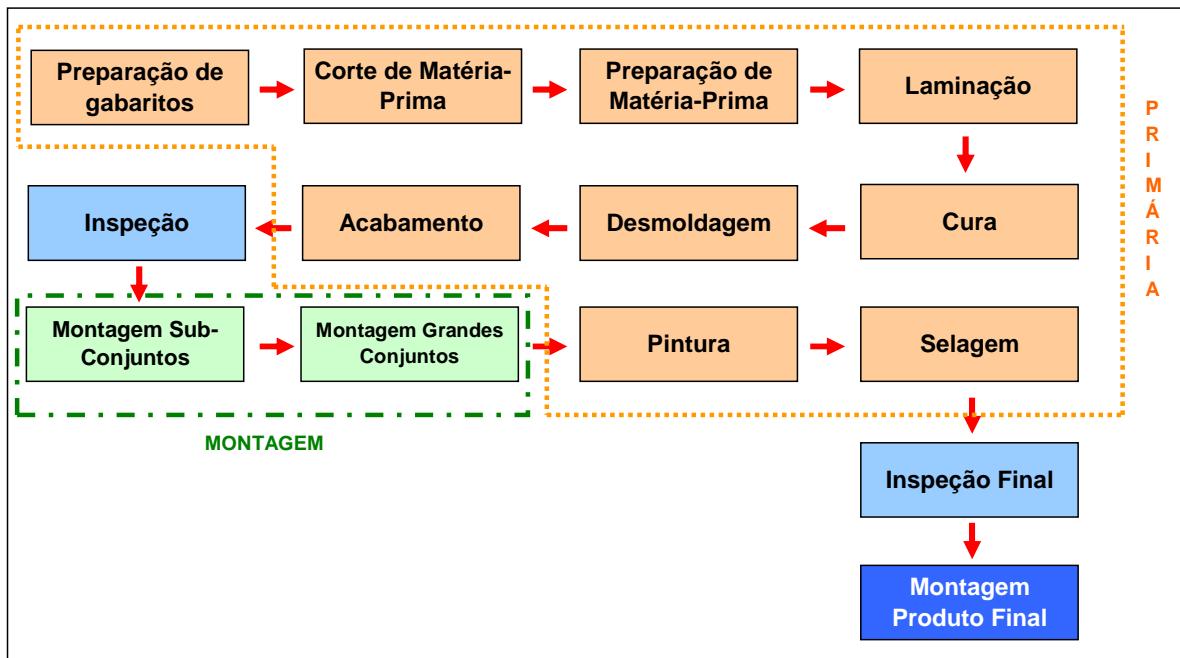


Figura 2.3 – Processo de Fabricação e Montagem de Peças de Material Composto

## 2.2 – Detalhamento da situação atual

A área de montagem de material composto não pode ser considerada uma área de fabricação, visto que ela não fabrica nenhum produto. Entretanto, não deixa de ser uma área produtiva, pois se utilizando os subconjuntos fabricados pelo setor primário, ou comprados através do setor de sub-contratados, ela é a responsável por combinar e montar as partes, formando produtos maiores, que são empregados diretamente nos produtos finais.

São montadas desde partes menores, até grandes conjuntos, como é o caso da Peça B, que será estudada neste trabalho. A diversidade de peças é muito grande, tanto dentro de um mesmo produto, como entre os diversos tipos de produtos que a empresa produz.

As principais atividades presentes na área de Montagem são: Furação e Cravação de Rebites. Apesar de atividades aparentemente simples, elas têm diversas dimensões, como material a ser utilizado (na broca, no rebite, na própria peça), diâmetros, tipo de ferramentas, dentre outras. Como o material composto tem diferentes propriedades dos materiais tradicionais, estas atividades são realizadas com muitas peculiaridades, tornando ainda mais complexos os processos existentes na área.

A maior parte das peças possui o próprio gabarito de montagem, visto a necessidade de se padronizar as furações e medidas da peça, que são muitas e bastante críticas, de modo a se evitar erros no processo. Logo, há uma grande necessidade de espaço, para que os gabaritos sejam alocados com certa folga para a utilização pelo operador. Em alguns casos, há mais de 1 gabarito por peça, e em outros casos, alguns gabaritos já estão duplicados, para fabricar mais de 1 peça ao mesmo tempo. A presença do gabarito é válida prioritariamente para peças grandes, cerca de 20% das peças que passam pela área. Os 80% restantes, são peças de menor porte, e de menor tempo de fabricação. Estas peças são montadas em bancadas, nas quais passam diferentes tipos de peças, de diferentes produtos. Enquanto os 80% de peças

pequenas respondem por 30% das HH da área, os 20% de peças grandes respondem pelos demais 70% de HH.

Do mesmo modo, a maior parte do pessoal da produção está alocado nos gabaritos grandes, embora esta proporção esteja na ordem dos 60%. Há por volta de 120 operadores na área. Como suporte a este pessoal, encontram-se as áreas de Engenharia de Produção, PPCP, Qualidade e Ferramental. Cada uma destas áreas reporta-se ao seu próprio gerente, entretanto todas elas atendem o gerente de produção da área de montagem.

Os principais clientes da área são as montagens finais de todos os produtos, localizadas na mesma planta estudada no trabalho em questão, ou em outras plantas da empresa, localizadas em outras cidades. Já como principais fornecedores, aparecem a área de Compostos Primária (no caso de peças fabricadas pela empresa), e a de sub-contrato (no caso de peças compradas externamente).

## 2.3 – Problemas Encontrados

Para se determinar os problemas, utilizou-se dois métodos: o qualitativo e o quantitativo. O quantitativo se deu através da análise dos dados disponíveis na empresa, sobre não-qualidades e atrasos.

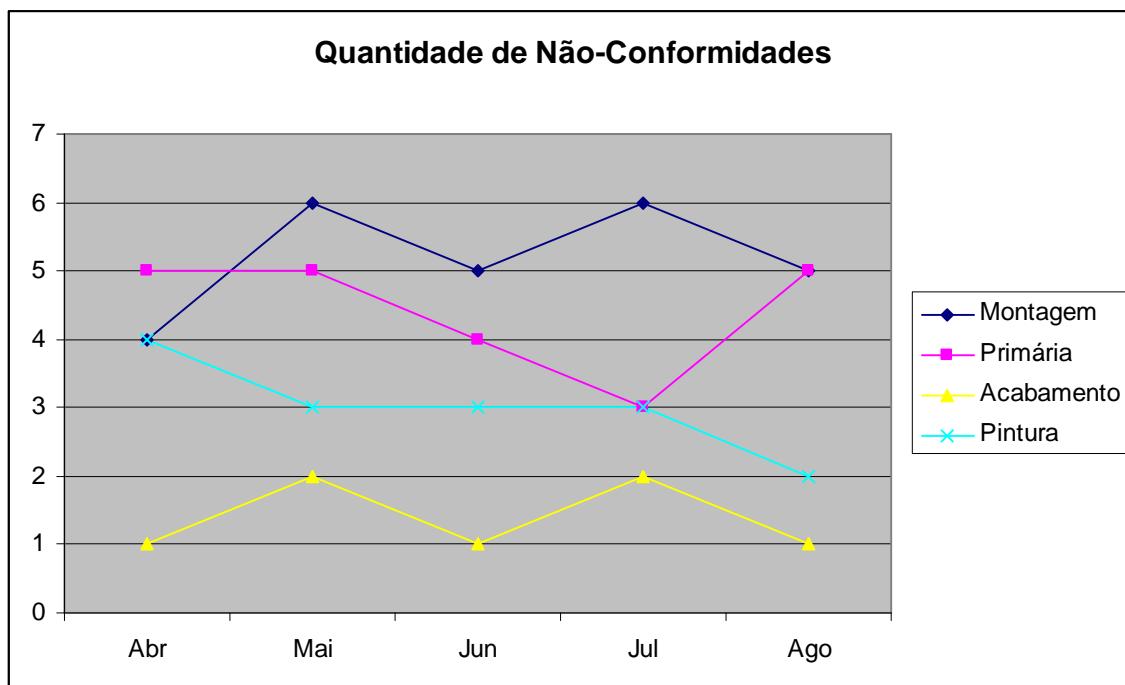


Gráfico 2.1 – Gráfico de Não-conformidades entre as áreas

O qualitativo se deu através dos relatos das pessoas envolvidas e de observações feitas na própria área. Foi feita uma análise detalhada dos processos existentes na área, foi possível levantar pontos fortes e pontos fracos da área em questão.

Como pontos fracos, podem-se citar (e explicar, logo a seguir):

- Recursos longe do operador
- Várias inspeções intermediárias

- Falta de materiais (reposição demorada)
- Excesso de refugo
- Falta de ferramentas
- Excesso de ajustes
- Falta de trabalho padronizado
- Materiais pagos em embalagens plásticas
- Falta de Gestão e Auxílio Visual
- Indefinição de processo para fabricação dos Produtos X e Y

### 2.3.1 - Recursos longe do operador

Quanto aos recursos disponíveis ao operador, por vezes estes se encontram em diferentes locais, em sua maioria longe da necessidade de utilização. Cada gabarito (ou em alguns casos, grupo de gabaritos semelhantes), possui um kit de ferramentas. Não há um planejamento de layout destes kits, dentro de uma célula-gabarito, ou mesmo sua disposição pela área.



Figura 2.4 – Exemplo de Kit ferramenta

Um dos problemas encontrados é que o material presente em cada kit não atende prontamente as necessidades de cada gabarito. Em alguns casos, há ferramentas em excesso, e desnecessárias àquela montagem; em outros casos, a ferramenta necessária está em um kit do outro lado da área. Isso permite e incentiva a movimentação do operador, que precisa buscar a ferramenta que precisa.

Qualquer pessoa da área possui acesso às ferramentas de cada kit, mediante o uso de “chapinhas” (fichas para controle). Como o número de ferramentas na área é deficiente, não é raro ter que se recorrer a kits de ferramentas de diferentes gabaritos, o que provoca uma falta ainda maior de itens, visto que o kit que deveria atender a uma montagem, atende às demais, o que leva o operador a buscar a ferramenta em outro kit, diferente do seu, em um processo cíclico que prejudica a área como um todo.

Como visto com as ferramentas, o mesmo acontece com ferramentas de corte (brocas) e materiais utilizados na montagem. As ferramentas de corte estão situadas em kits chamados “brocários”, que do mesmo modo dos kits de ferramentas, estão dispersos pela área, sem qualquer tentativa de se minimizar a movimentação de operadores. Já os materiais utilizados são abastecidos em locais improvisados, e não ficam ao alcance do operador durante a montagem, tendo este que se locomover durante seu trabalho para alcançá-los.

### **2.3.2 - Várias inspeções intermediárias**

Uma das características do material composto é que ele deve ser acompanhado em todas as etapas, monitorando-se a condição do mesmo, para que qualquer desvio acabe prejudicando a qualidade desejada no material. Como este tipo de material é composto da união de diversos outros, se torna muito fácil alterar as propriedades físicas do mesmo.

Então se fazem necessárias inspeções periódicas, após cada processo, seja de montagem, pintura, selagem, dentre outros. Um técnico do setor de Qualidade é o responsável pela inspeção em alguns casos, em outros o próprio operador realiza a inspeção. Neste caso, este operador foi treinado e recebe a qualificação de “Inspetor Delegado”. A tendência é que todas as atividades de inspeção passem a ser realizadas apenas pelos próprios operadores.

Percebe-se que o fato de realizar diversas inspeções influencia diretamente no tempo gasto na peça, tornando o ciclo de produção ainda maior e gerando um acréscimo de homens-hora. Nos casos em que a Qualidade é a responsável pela inspeção, há ainda perdas de movimentação (da peça e do operador), além do trabalho do próprio inspetor.

O que se mostra interessante é uma redução no número de inspeções, reduzindo todas as existentes à apenas uma inspeção final; a transição de todo este processo para as mãos dos próprios operadores também se mostra mais interessante.

### **2.3.3 - Excesso de refugo**

O índice de não-qualidade na área é muito grande. Estima-se que por volta de 7% das montagens apresentam algum problema de não-conformidade. Basicamente, as não-conformidades se dispõem em 2 grupos: as que permitem um reparo padrão, ou seja, a partir de um conhecimento já padronizado, realiza-se o reparo conforme um manual; e as que não se enquadram no manual de reparo padrão. Estas últimas são repassadas aos setores de engenharia, que disponibiliza então soluções específicas de reparo.

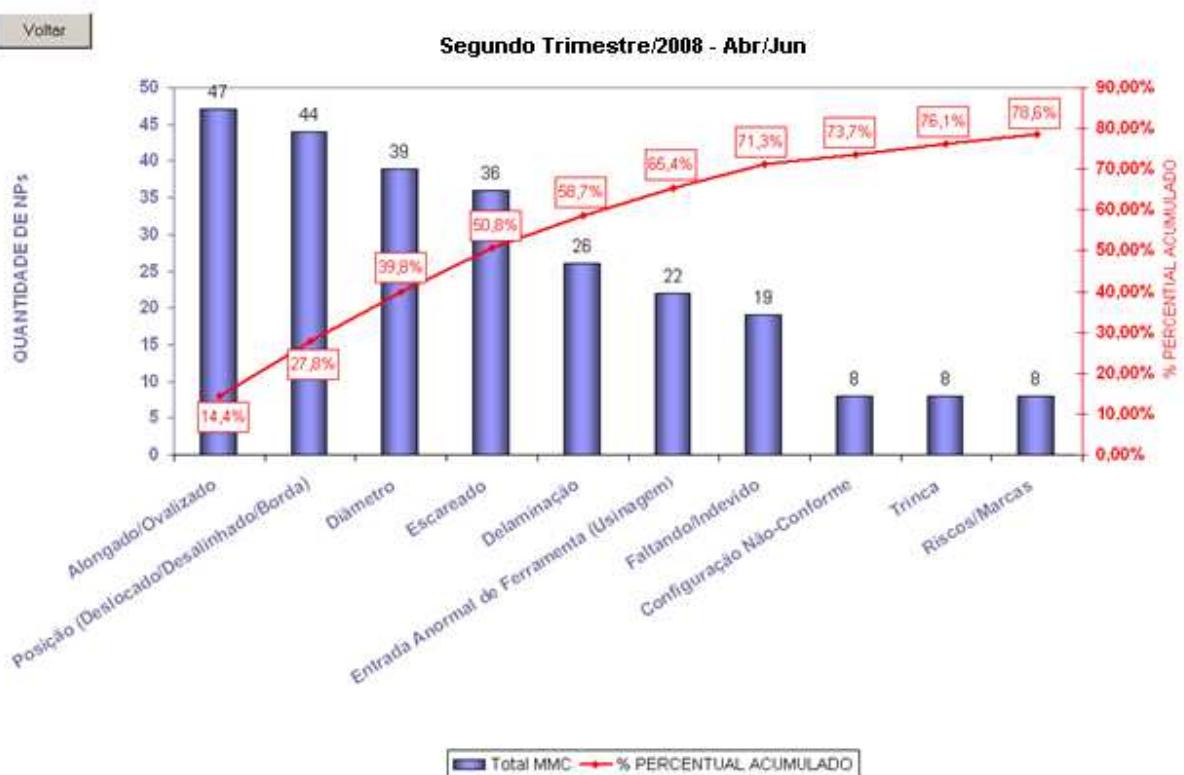


Gráfico 2.2 – Gráfico de tipo de não conformidades registradas na área

Em alguns casos, mesmo após passar pelo setor de engenharia, as peças não apresentam solução viável, então elas são sucatadas. Dado o rigor da indústria da empresa em questão, o nível de qualidade das peças tem que ser muito alto, e por diversas vezes uma peça com poucos defeitos acaba sendo sucatada.



Figura 2.5 – Exemplo de peças com problemas (furo indevido, à esq., e furo ovalizado, à dir.)

Diversos fatores levam os trabalhadores a cometer erros, que resultam em algum tipo de retrabalho ou sucateamento. Entre os mais importantes, estão:

- **Autoconfiança do operador**
- **Instruções erradas dadas por um operador mais experiente**
- **Desatenção do operador**
- **Erros presentes no roteiro de operações**
- **Falta de roteiro de operações**
- **Mudanças no produto**
- **Erros de gabarito**
- **Problemas com o material**

Os três primeiros itens referem-se diretamente ao exercício do operador. A falta de um controle mais rígido sobre o mesmo, o dá a liberdade para variar a sua forma de trabalho, o que por vezes acaba resultando em defeitos.

Os roteiros de operação, por mais que sejam motivo de atenção por parte da Engenharia de Produção, por vezes apresentam falhas em seu conteúdo. Em outros casos, principalmente com novos produtos, o roteiro é omissivo ou mesmo ausente.

Neste caso, mais uma brecha é dada ao operador para realizar o trabalho da sua maneira.

Os produtos em questão passam por um processo muito grande de modificação, sempre evoluindo para um status melhorado. O que por diversas vezes acontece é uma peça ser montada seguindo uma instrução, e, entretanto essa peça ser requisitada conforme uma evolução realizada, logo o trabalho ou é perdido, e a peça é refugada; ou a peça é retrabalhada, e passa a ser considerada como evoluída e apta.

A maior parte das peças na área é montada a partir de um gabarito. Em um bom número, em grandes gabaritos. Existe uma área na empresa responsável somente por fabricá-los, a área de Ferramental. São itens complexos, fabricados de tal modo a facilitar a montagem de peças igualmente complexas. O que acaba ocorrendo é que erros podem ser percebidos em alguns gabaritos, como medidas fora do pedido, falta ou excesso de peças, e em alguns casos, gabaritos que não atendem as necessidades mais básicas de montagem. Um gabarito ruim, em algum momento, irá gerar interrupções para conserto, peças montadas incorretamente e retrabalhos na área.

O material composto, conforme já mencionado neste trabalho, é dotado de diversas peculiaridades. Portanto, sua conformidade com as especificações deve ser seguida à risca para permitir um uso correto do mesmo. O que por vezes ocorre é do mesmo chegar das áreas anteriores com problemas que deveriam ter sido detectados no processo anterior, mas não foram, e acabam impactando no processo de montagem. A montagem é parada, outra peça se torna necessária (ela deve ser disponibilizada, e em alguns casos, fabricada), e a peça defeituosa em questão, tem de passar por um retrabalho. Desperdício de dinheiro e tempo para a empresa.

#### **2.3.4 - Falta de materiais (reposição demorada)**

O índice de defeitos na área é muito alto, exigindo alto grau de reposição de peças defeituosas. Isso graças à falta de padronização existente na área (o que permite margem de manobra do operador durante a montagem), a falta de robustez das montagens (são todas operações novas, ainda em fase de ajustes), e às especificidades do material trabalhado, o composto, que é mais suscetível à ocorrência de defeitos.

O que acaba ocorrendo então é a necessidade do processo anterior, a Fabricação de Peças de Composto, fornecer novas peças. Entretanto, esta área enfrenta os mesmos problemas da área de montagem, por isso fica em situação difícil ao ter de fornecer mais peças, além do que é requisitado. A espera por uma nova peça costuma ser demorada, o que acaba transmitindo o atraso pela cadeia de produção.

### **2.3.5 - Falta de ferramentas**

Já foi mencionado que as ferramentas encontram-se dispersas pela área, agrupadas em kits que não refletem as necessidades das montagens próximas a eles. Isso acaba resultando em deslocamentos desnecessários pela área de montagem.

Entretanto, outro problema ainda mais grave é a falta das ferramentas. A ocorrência deste tipo de falta é menor, mas quando ocorre, ou desloca o operador ainda mais, para outras áreas da empresa, ou o faz parar a montagem, representando atrasos.

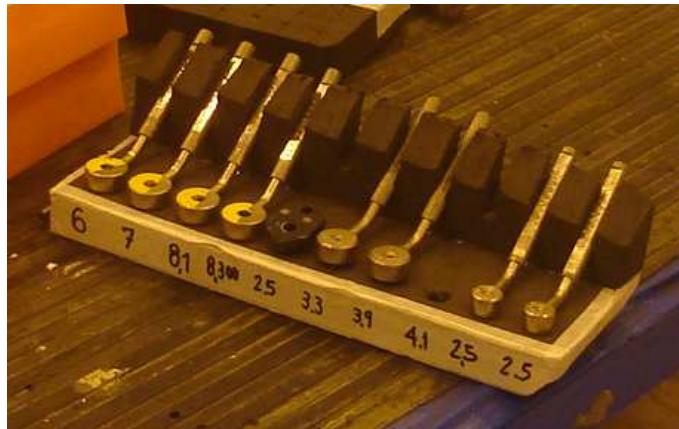


Figura 2.6 – Falta de Bucha em Kit para furação

### 2.3.6 - Excesso de ajustes

Conforme já mencionado acima, ocorre diversas vezes de processos anteriores transmitirem ao processo de montagem peças não-conforme. Em alguns casos, a peça pode ser ajustada pela área de montagem, tornando-a própria ao uso. Entretanto, isto é um retrabalho, pois a peça deveria vir pronta para o operador poder montá-la. O que acaba acontecendo é um relaxamento das áreas fornecedoras, que ao invés de buscarem a causa-raiz dos problemas, continuam a fornecer peças fora dos padrões, enquanto estas puderem ser ajustadas pelo processo seguinte.

### 2.3.7 - Falta de Trabalho Padronizado

Existem dois documentos de apoio ao operador: o desenho 2D da montagem, e o Roteiro de Operações. Enquanto o desenho fornece diversas vistas e algumas indicações de montagem, o Roteiro se propõe a detalhar as operações a serem seguidas.

O que acaba ocorrendo é a falta em alguns casos de informações mais detalhadas, para que qualquer operador possa realizar aquela operação, estando

familiarizado a mesma ou não; em outros casos, o roteiro é falho, com pouca ou nenhuma informação referente à montagem. Nestes casos, o operador fica refém do Desenho de montagem, para a partir somente dele, realizar a operação.

### 2.3.8 - Materiais pagos em embalagens plásticas

Os materiais a serem montados são entregues na área a partir do setor de Primária, que os fabrica. São transportados e ficam armazenadas em um pequeno estoque, até serem levados ao gabarito/célula de montagem. Para manter a integridade do produto, as peças são envolvidas em diversas camadas de plástico-bolha. Este conjunto é então entregue diretamente ao operador, que tem o trabalho (e tempo gasto) de abrir todas as embalagens (cada componente de um conjunto maior é disponibilizado individualmente), e alocá-las em um local para iniciar a montagem.



Figura 2.7 – Materiais fornecidos em embalagens plásticas, e sem qualquer organização

#### i) Falta de Gestão e Auxílio Visual

Por Gestão Visual entende-se todo o tipo de informação que servirá de controle para as pessoas que tomam decisão na área: gerentes, supervisores, engenharia. Já

por Auxílio Visual entendem-se as informações pertinentes ao operador e sua realização do trabalho. São informações relativas a um mesmo objeto, a montagem de uma determinada peça, entretanto são separadas de acordo com o foco e o tipo de pessoa que se deseja atingir.

Como Gestão Visual, têm-se indicadores de Produtividade, de Não-Qualidade, entre outros. Como Auxílio Visual, têm-se o Trabalho Padronizado, Réguas do Tempo, Controle de Ocorrências durante a montagem, dentre outros.

### **2.3.9 - Indefinição de processo de fabricação dos Produtos X e Y**

Os produtos X e Y são os mais recentes produtos da empresa. Por isso, estão na fase final de fabricação apenas os primeiros produtos. Isto dá a todo o processo de fabricação (e não apenas a montagem de material composto) um caráter “provisório”, com todos os processos sendo arredondados e se encaixando.

## 2.4 – Definição do Escopo do Trabalho

Levantados os problemas (que são muitos), foi necessário realizar uma seleção de quais problemas seriam tratados neste trabalho. Para esta consideração, foram considerados alguns critérios:

|   | Participação no atraso<br>1-pouco, 5-muito | Custo gerado<br>1-pouco, 5-muito | Responsabilidade da<br>Área<br>1-pouco, 5-muito |    |
|---|--|----------------------------------|---|----|
|   | peso: 7                                    | peso: 2                          | peso: 5   |    |
| Recursos longe do operador                        | 3  | 2                                | 5   | 50 |
| Várias inspeções intermediárias                   | 4  | 3                                | 1   | 39 |
| Falta de materiais (reposição demorada)           | 5  | 2                                | 1   | 44 |
| Excesso de refugo                                 | 5  | 5                                | 5   | 70 |
| Falta de ferramentas                              | 3  | 3                                | 5   | 52 |
| Excesso de ajustes                                | 4  | 5                                | 3   | 53 |
| Materiais em embalagens plásticas                 | 2  | 2                                | 1   | 23 |
| Falta de Gestão e Auxílio Visual                  | 2  | 2                                | 4   | 38 |
| Indefinição de processo para fabricação Produto X | 4  | 3                                | 2   | 44 |

Tabela 2.2 – Ponderização dos problemas mais relevantes à produção

Como objetivo principal de redução neste trabalho, o critério de *Participação no Atraso* teve o maior peso no processo decisório. Cada problema levantado teve seu relacionamento pontuado em relação à sua participação no atraso de produtos. O segundo critério, o de *Custo gerado à Empresa*, obteve o menor peso entre os demais, não porque ele é muito menos importante, mas sim porque comparativamente aos demais, ele se torna menor, entretanto ele está presente justamente pela sua importância para a empresa.

O terceiro critério foi o de *Responsabilidade da Área*, ou seja, dos problemas citados, quais são efetivamente causados pela área estudada, a de Montagem de Material Composto. Isto porque problemas fora da área estudada, têm pessoal próprio

para resolvê-los, e não podem ser incluídos tanto no escopo de atividades do pessoal da área estudada, como no escopo deste trabalho.

|   |     |         |
|---|-----|---------|
| Excesso de refugo                                 | 70  | 16,95%  |
| Excesso de ajustes                                | 53  | 29,78%  |
| Falta de ferramentas                              | 52  | 42,37%  |
| Recursos longe do operador                        | 50  | 54,48%  |
| Falta de materiais (reposição demorada)           | 44  | 65,13%  |
| Indefinição de processo para fabricação do Prod.X | 44  | 75,79%  |
| Várias inspeções intermediárias                   | 39  | 85,23%  |
| Falta de Gestão e Auxílio Visual                  | 38  | 94,43%  |
| Materiais em embalagens plásticas                 | 23  | 100,00% |
|   | 413 |         |

Tabela 2.3 – Totalização dos pontos relativos a cada problema, e sua porcentagem em relação ao total

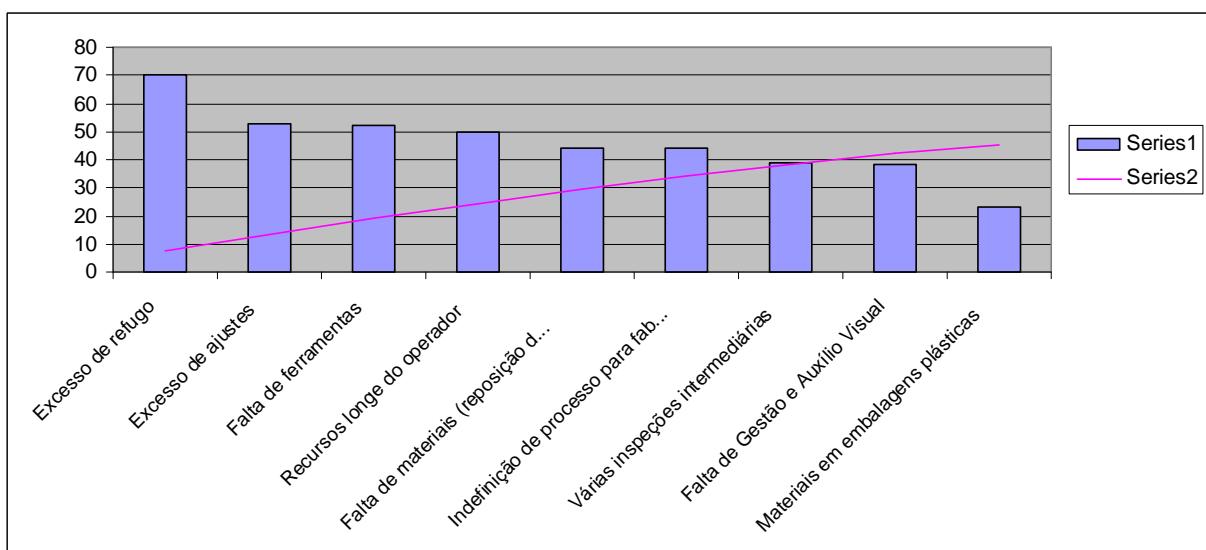


Gráfico 2.3 – Gráfico de Pareto dos problemas mais importantes para a produção

Portanto, foram escolhidos para fazer parte deste estudo, graças às suas relevâncias, os seguintes itens:

- Excesso de Refugo
- Excesso de ajustes

- Falta de Ferramentas
- Recursos longe do operador

Estes 4 itens, somados, corresponderam a quase 55% da pontuação na análise realizada.

## **3 – Revisão Bibliográfica**

### **3.1 – Arranjo Físico**

De acordo com Slack (2008), Arranjo físico é a preocupação de se definir o posicionamento físico de todas as partes componentes do processo produtivo, colocado de uma maneira mais simples. O arranjo físico é o responsável por determinar como os recursos produtivos (materiais, informações, pessoas), fluem através do processo. Qualquer mudança pode afetar diretamente este fluxo e as pessoas envolvidas, que por sua vez podem acabar afetando os custos e a própria eficácia geral da produção. Por isso, se tornam tão importantes o estudo e definição do arranjo físico. Segundo Moreira (1993), as decisões sobre arranjo físico são tipicamente decisões táticas.

Outros pontos costumam dar importância à definição ou mudança no arranjo físico. A mudança é frequentemente uma atividade complicada e de longa duração, muitas vezes por causa das dimensões físicas das partes e distâncias a serem percorridas. Para se realizar qualquer mudança, operações e máquinas devem ser paradas, o que gera perdas e atrasos. A definição errada da localização de itens também é problemática, visto que gera deslocamentos desnecessários, esperas, estoques, altos custos, dentre outros. Portanto, trata-se de uma decisão necessária, mas muito importante, e que não permite que se cometam erros.

Um dos primeiros passos no estudo do arranjo físico é a definição do tipo de processo. Embora parecidos, estes conceitos não devem ser confundidos. O que se pode aceitar, é que o arranjo é a manifestação física de um dado tipo de processo. Após definido o tipo de processo, deve-se definir o arranjo físico básico, que pode ser (SLACK, 2008):

- Posicional
- Por processo

- Celular
- Por produto

No arranjo físico posicional (também conhecido como arranjo de posição física), o item a ser processado não se movimenta, ficando estacionário, enquanto os itens transformadores (equipamentos, maquinário, pessoas) se movem na medida do necessário. Isso ocorre geralmente graças ao tamanho ou sensibilidade do que se está produzindo.

Neste tipo de arranjo, deve-se atentar ao espaço necessário para o desempenho das atividades, bem como o trânsito de todos os elementos transformadores necessários. A eficácia está ligada ao acesso ao produto, e a confiabilidade dos recursos que agem sobre o item. Como exemplos, temos a construção de uma rodovia ou um estaleiro.

No arranjo físico por processo, o item principal são as necessidades dos recursos transformadores. Processos similares são alocados próximos um dos outros. Espera-se que com isso a utilização destes recursos seja maximizada. O fluxo é dirigido pela necessidade de determinado processo. A movimentação resultante do produto graças a esse tipo de arranjo deve ser monitorada, de modo a evitar que o produto se desloque demais e desnecessariamente. Como exemplos, podemos citar um supermercado, ou uma fábrica de usinados.

No arranjo físico celular, os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação (célula), na qual todos os recursos transformadores necessários a atender suas necessidades imediatas de processamentos se encontram. Dentro da célula, podemos encontrar um arranjo físico por processo ou por produto. Depois de serem processados por uma célula, os recursos transformados podem prosseguir para outra célula. Isto busca organizar a bagunça de movimentação gerada pelo arranjo por processo. Como exemplo de utilização de

células, podemos citar indústrias de computadores e uma maternidade. (MOREIRA, 1993)

No arranjo físico por produto, a localização dos recursos produtivos é totalmente definida a partir das necessidades do produto que está sendo transformado. Cada produto segue um roteiro pré-definido no qual a seqüência de atividades requerida coincide com a seqüência na qual os processos foram arranjados fisicamente. Como exemplos deste tipo de arranjo, podemos citar uma montagem de automóveis, ou um restaurante self-service.

Arranjos físicos mistos também podem ser encontrados, quando combinam elementos de mais de um dos tipos citados.

| <b>Tipos de processo</b>    | <b>Tipos básicos de arranjo físico (AF)</b> |
|-----------------------------|---|
| Processo por projeto        | AF posicional<br>(ou de posição fixa)       |
| Processo por <i>jobbing</i> | AF funcional<br>(ou por processo)           |
| Processo em <i>batches</i>  | AF celular                                  |
| Processo em massa           | AF linear<br>(ou por produto)               |
| Processo contínuo           |   |

Tabela 3.1 – Tipos de Processo, e os arranjos físicos correspondentes

### **3.2 – Ergonomia**

A ergonomia preocupa-se com os aspectos fisiológicos do trabalho, ou seja, com o corpo humano e como ele ajusta-se ao ambiente (SLACK, 2008). Isso está relacionado à maneira de uma dada pessoa se relacionar com os aspectos físicos de seu local de trabalho, bem como o seu relacionamento com o ambiente que a cerca. No primeiro caso, está se referindo aos móveis e outros itens, e no segundo caso, a fatores como barulho, poluição, dentre outros.

Ela é uma ciência multidisciplinar com a base formada por várias outras ciências. A Antropometria e a Biomecânica fornecem as informações sobre as dimensões e os movimentos do corpo humano. A Anatomia e a Fisiologia Aplicada fornecem os dados sobre a estrutura e o funcionamento do corpo humano. A Psicologia, os parâmetros do comportamento humano. A Medicina do Trabalho, os dados de condições de trabalho que podem ser prejudiciais ao organismo humano. Da mesma forma, a Higiene industrial, a Física, a Estatística e outras ciências fornecem informações a serem utilizadas de forma a possibilitar o conhecimento e o estudo completo do sistema.

A ergonomia por diversas vezes recebe a denominação de “engenharia dos fatores humanos”, já que estuda a melhor adequação entre as pessoas e o trabalho que estas realizam. A ergonomia cuida para que o trabalho se adeque às necessidades das pessoas, e não o contrário. Para atingir este fim, a ergonomia possui toda uma abordagem científica de métodos, pois cada pessoa é única, e este fato merece ser levado em consideração.

Na realização de um projeto ergonômico, diversos fatores devem ser levados em consideração. Muitas são as demandas atuais, e cada vez mais as tarefas exigem trabalhadores não apenas aptos, mas cada vez mais preparados para realizá-las.

Um dos pontos levados em consideração são os aspectos antropométricos. Estes são aspectos relacionados ao tamanho, forma e habilidades físicas das pessoas.

Existem tabelas com dados sobre medidas, a serem utilizadas na concepção do trabalho, de modo a definir o melhor tipo de pessoa a realizar determinada tarefa. Como nenhuma pessoa é igual, os adeptos deste tipo de dados, utilizam a variação destas características em uma faixa da população. Por exemplo, pessoas com braços maiores poderiam ter um maior alcance de trabalho em uma bancada, quando sentadas.

Aspectos neurológicos são aqueles relacionados às percepções das pessoas, como o tato, visão e olfato. Um projeto de um local de trabalho pode prever a troca de informações baseada nestes itens, entre o ambiente e os operadores. Essa troca pode se dar através de informações a serem visualizadas, ou comandos a serem executados pelas pessoas.

Segundo Slack (2008), outros aspectos importantes na definição ergonômica do trabalho são itens como temperatura, níveis de iluminação e de ruídos. A temperatura está relacionada às faixas de conforto para o ser humano, onde o trabalho poder ser mais bem realizado. A fuga destas zonas aumenta o desconforto, e pode implicar em queda de produtividade e até mesmo acidentes. Os níveis de iluminação impactam diretamente na acurácia e quantidade de trabalho produzido, pois pode passar a ser um empecilho à realização do trabalho. Além do fato de poder “cansar” a vista do trabalho, e levar a uma caso de saúde ocupacional. O nível de ruído impacta diretamente na saúde do trabalhador, pois pode levar o mesmo a ter problemas auditivos, neurológicos e crônicos, como o stress. Além de diminuírem a produtividade em tarefas que necessitem de concentração.

Atualmente a doença mais notificada no trabalho é a L.E.R. (Lesões por Esforços Repetitivos, também conhecida como D.O.R.T.), Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho, que são lesões ocorridas em ligamentos, músculos, tendões e em outros segmentos corporais relacionadas com o uso repetitivo de movimentos, posturas inadequadas e outros fatores como a força excessiva. A LER e a DORT, são a segunda maior causa de afastamento de trabalho no Brasil.

Esse aumento é causado pelo crescimento da informática e da automação onde o trabalho é cada vez mais especializado, tornando o trabalhador um prestador de serviço de uma atividade limitada e repetitiva. Como meio de intervir no andamento do trabalho e implantar períodos de pausas, a GINÁSTICA LABORAL surge como uma atividade auxiliadora e essencial, oferecida às empresas e aos trabalhadores, na forma de prevenção a doenças como a LER e DORT, tendo como objetivo reduzir a tensão muscular, melhorar a circulação, reduzir a ansiedade, o estresse e a fadiga, melhorando a prontidão mental e facilitando o trabalho.

## FATORES DE RISCO MAIS COMUNS NO TRABALHO

- Trabalho automatizado, onde o trabalhador não tem controle sobre suas atividades (caixa, digitador, entre outros);
- Obrigatoriedade de manter o ritmo acelerado de trabalho para garantir a produção;
- Trabalho fragmentado, onde cada um exerce uma única tarefa de forma repetitiva;
- Trabalho rigidamente hierarquizado, sob pressão permanente das chefias
- Número inadequado de funcionários;
- Jornadas prolongadas de trabalho, com freqüente realização de horas extras;
- Ausência de pausas durante a jornada de trabalho;
- Trabalho realizados em ambientes frios , ruidosos e mal ventilados;
- Mobiliário inadequado (cadeiras, mesas etc.), que obriga a adoção de posturas incorretas do corpo durante a jornada de trabalho;
- Equipamento com defeito;

### 3.3 – Tempos e Métodos

Estudam-se sistematicamente os sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: desenvolver o sistema ou método escolhido; padronizar este sistema e método; determinar o tempo gasto por uma pessoa, devidamente treinada e qualificada, para executar uma determinada tarefa; orientação ao operador sobre o método escolhido e como melhor realizá-lo.

Como aplicações do estudo de Tempos e Métodos, temos (FRANCISCHINI):

- Previsão de desempenho futuro
  - Estimativa de custos
  - Seleção de recursos
  - Organização das tarefas
  - Arranjo físico das instalações
- Avaliação do desempenho atual ou passado
  - Medida de produtividade
  - Plano de incentivos
  - Avaliação de métodos de trabalhos alternativos
  - Controle

#### 3.3.1 – Histórico

O histórico do método remete a Taylor, ainda no século XIX. Taylor precisava saber qual era a melhor maneira de se executar uma tarefa, e quem e quando seria o ideal para se atingir tal feito. Taylor utilizava-se da cronometragem como uma grande aliada nesta tarefa. Na mesma época de Taylor, coexistiam pesquisas sobre as limitações do ser humano, e a energia física do trabalho executado.

No método mais tarde apresentado por Taylor, da Administração Científica, as principais características eram: separação entre o pensar e o fazer (quem produzia apenas executava as operações, outras pessoas eram as responsáveis por projetá-las), produtividade dependente da remuneração (incentivando a produzir mais), e o homem como mero instrumento de trabalho (equiparando-o a uma máquina, com suas funções bem definidas). No começo do século XX, também se destacou o casal Gilbreth, que realizou estudos sobre micromovimentos (com filmagens de operações), fadiga (e como esta interfere na produtividade) e, juntando os dois primeiros, propôs princípios da economia de movimentos (relativos ao corpo humano, ao local de trabalho e ao desempenho das ferramentas e equipamentos).

### **3.3.2 – Processo**

O estudo de Tempos e Métodos pode ser dividido em estudo do Método e estudo do Trabalho. No primeiro, se registra e analisa-se para encontrar o melhor método de se executar uma determinada tarefa (faz-se aí o estudo dos movimentos, a ser explicado adiante). Já no estudo do Trabalho, há de se determinar o tempo-padrão para executar uma tarefa específica (realiza-se o estudo dos tempos). De maneira geral, ambos os processos estão ligados, e o estudo de Tempos e Métodos passa pelas seguintes etapas:

- Desenvolvimento do método preferencial
- Padronização das operações
- Determinação do tempo-padrão
- Treinamento do operador

Para se escolher o melhor método, após definir os objetivos a serem alcançados, são então levantados os problemas existentes, sua possibilidades de resolução, faz-se

a análise das mesmas e então se escolhe uma delas para ser o processo a ser definido.

Já na etapa de padronização, passa-se a dividir a tarefa em operações específicas e a descrever cada etapa em detalhes, com informações como: dimensões utilizadas, conjunto de movimentos do operador (amparados pela ergonomia), forma e qualidade do material, e ferramentas, dispositivos, gabaritos, calibres e equipamentos utilizados.

O tempo-padrão para um trabalho é uma extensão do tempo básico. Enquanto o tempo básico é uma informação que pode ser usada como primeiro passo para realizar um trabalho sob ampla gama de condições, o tempo-padrão inclui tolerâncias para pausa e descanso, que devem ser permitidos devido às condições sob as quais o trabalho é realizado. Genericamente, pode-se dizer que ele é composto pelo tempo básico mais tolerâncias.

O primeiro passo para obtenção deste tempo é ter todas as atividades divididas e definidas, através do estudo de micro movimentos, onde os passos dados pelo operador em uma determinada operação serão mapeados, para posterior acompanhamento. Deve-se dividir de tal forma que permita a fácil anotação dos tempos, e que tenham início e fim bem definidos. Um bom critério para a definição (início e fim) de uma atividade, é a perda ou ganho de contato com uma parte ou mesmo com a peça inteira.

### **3.3 – Medição de Tempos**

Feito esta etapa, com todo o processo detalhado em mãos, pode-se passar ao processo de coleta de dados, aonde através de cronometragem ou filmagem, irão se acompanhar todas as operações, obtendo os dados sobre movimentação e tempos gastos. A medição precisa de toda a preparação prévia mencionada, equipamentos

adequados, cooperação de medidor e operador (para que o ritmo não seja quebrado, e stress não seja transmitido ao operador), concordância dos níveis gerenciais e supervisionais.

Outro ponto a ser lembrado é a qualificação do operador: devem-se evitar operadores muito novos e os muito experientes na função a ser medida. Esta etapa pode ser realizada mais de uma vez, por amostragem, para se perceber desvios e incoerências, caso estes tenham demonstrado sinal de ocorrência.

Há folhas específicas para o acompanhamento da cronometragem. Durante a medição, é preciso diferenciar o que é trabalho humano, e o que é de maquinário; o que é normal, e o que é extraordinário naquela montagem.

Com os tempos coletados, passa-se a etapa de análise, aonde irá se verificar o ritmo executado, se é o padrão, bem como podem ser realizadas análises estatísticas, de modo a validar o trabalho feito. Como elementos de análise, podem-se utilizar a comparação com médias históricas, avaliações geradas pelo cronometrista, a habilidade do operador, os esforços e as condições de trabalho. A partir daí pode-se obter toda a descrição do trabalho, com seus tempos de realização.

Outros métodos (ao invés da cronoanálise) que podem ser utilizados são a amostragem do trabalho (medida direta), e a de Tempos Sintéticos Pré-Determinados (medida indireta). A mais conhecida é a segunda, também chamada de MTM.

Com os sistemas de tempos pré-determinados, pode-se determinar com antecedência o tempo necessário para a execução de uma operação. Pode-se fazer uma avaliação precisa de diversos métodos de trabalho, ou de diferentes projetos de ferramentas. Desta forma, a etapa de Definição do Tempo Padrão pode impactar e mudar a definição do processo, feita anteriormente. Como exemplos de uso do MTM, temos:

- Desenvolvimento de Métodos Eficientes;
- Melhoria de Métodos Existentes;
- Estabelecimento dos Tempos padrões;
- Desenvolvimento de fórmulas de tempo para dados pré-determinados;
- Estimativas de custos;
- Orientação do projeto ao produto;
- Desenvolvimento de projetos de ferramentas eficientes;
- Treinamento do operador;

A próxima etapa é treinar o operador, de modo que este possa se adequar a todo o trabalho que foi realizado. Através de gráficos, filmes e modelos é possível passar o conhecimento ao operador, para que este realize o trabalho dentro dos novos padrões.

## 3.4 – Teoria da Produção

### 3.4.1 – Tipos de Processo em Manufatura

Na manufatura, os processos são classificados de acordo com o nível de volume e variedade (MOREIRA, 1993):

- Processos de projeto
- Processos de jobbing
- Processos em lotes ou bateladas
- Processos de produção em massa
- Processos contínuos

Processos de projeto são os que lidam com produtos discretos, com alto grau de customização. O ciclo de produção nestes casos costuma ser longo, portanto um baixo volume é produzido. Entretanto, há um alto grau de customização. Não há uma definição clara dos processos a serem seguidos, e é bastante comum o processo se redefinir a cada novo ciclo. Os únicos pontos bem definidos são o início e o fim de cada projeto. Os recursos são na maioria dos casos exclusivos e arranjados de modo a atender perfeitamente o projeto em questão. Casos exemplificadores deste tipo de processo são a construção de grandes itens, como navios, prédios e obras públicas.

Processos de jobbing, assim como os de projeto, também trabalham com baixo volume e alta variedade, mas diferentemente do anterior, os recursos são compartilhados com outras operações. O tamanho dos itens costuma ser menor, e o número de itens produzidos é maior. Como exemplo, pode-se citar um alfaiate, que trabalha em pequenos itens, todos diferentes, mas que compartilham recursos.

Processos em lotes não têm tanta variedade em sua produção, o que é compensado pelo maior número de unidades produzidas. Este número pode ser muito

pequeno, com o processo se assemelhando ao de jobbing, ou muito grande, tendendo a um processo de produção em massa. Exemplos de processos em lotes são as produções de máquinas-ferramentas e peças de automóveis.

Processos de produção em massa são os que produzem bens em alto volume e variedade relativamente pequena. A indústria automotiva é o maior exemplo deste tipo de processo. Mesmo produzindo diferentes tipos de produtos, com infinidade de categorias de personalização, o processo básico é o mesmo para todos, e por isso atende à produção em massa. Diversos outros setores empregam este tipo de processo, como o de bens duráveis, alimentos e eletrônicos.

Processos contínuos estão além da produção em massa, já que a variedade diminui ainda mais, e o volume é ainda maior que o anterior. Sua principal característica é o fluxo contínuo de produtos, seja por causa da característica física dos mesmos (como líquidos), seja pela automação da entrada e saída de produtos (independendo da alimentação ou saída manual). Como exemplos, têm-se as refinarias e as fabricantes de papéis.

### **3.4.2 – Matriz produto-processo**

A forma mais simples de visualizar os tipos de processo é através do gráfico de volume-variedade, onde os dois níveis possíveis desta característica (alto (a) e baixo (a)), permitem delimitar os campos de cada processo, e encaixar um processo, de acordo com suas características. Os campos de interface existentes entre eles mostram como são tênues as relações entre eles, sendo que em alguns casos, dados as peculiares características, um processo pode ser bem classificado em dois tipos.

A escolha do processo a ser utilizado implica diretamente nos custos e na flexibilidade de uma dada operação. A representação clássica da variação do custo e

da flexibilidade para cada tipo de processo possível vem dos professores Hayes e Wheelwright da Universidade de Harvard. A matriz criada por eles apresenta uma dimensão representando o gráfico de volume-variedade (já mostrado) e os tipos de processo em outra dimensão (SLACK, 2008).

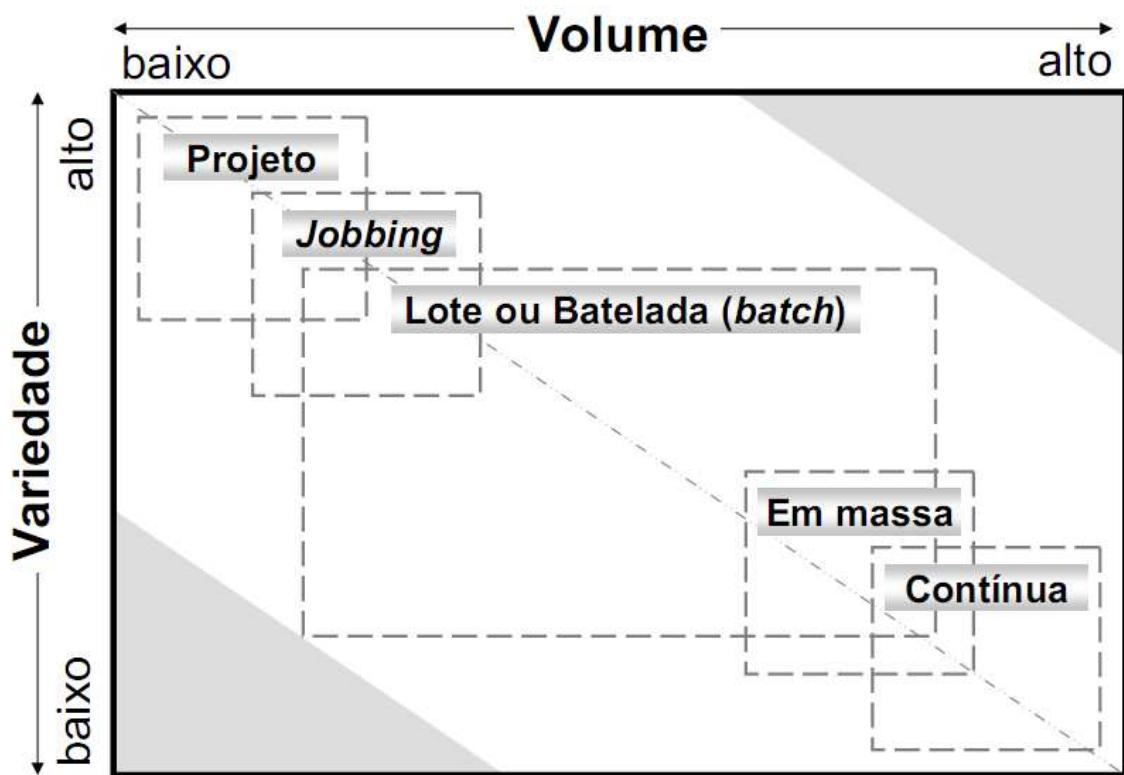


Figura 3.1 – Classificação do tipo de processo em relação ao volume x variedade

### 3.5 - Lean Manufacturing

Até o início do século XX, a produção em todo o mundo se caracterizava pelo sistema artesanal. Poucas eram as pessoas que detinham o know-how sobre os processos, e inúmeras eram as oficinas destas mesmas. O conhecimento era passado de artesão a aprendiz, e só assim era possível proliferar o conhecimento. Todo o trabalho realizado era baseado no conhecimento adquirido, e cada produto era único, pois conceitos como trabalho padronizado, ou peças-padrão, ainda sequer passavam pela cabeça dos cidadãos da época. (SHINGO, 1996)

Foi com Henry Ford, no início do século XX, que as coisas começaram a mudar. A indústria automobilística se baseava nos pequenos artesãos, em pequenas oficinas, que produziam uma quantidade ínfima de carros, a um preço muito alto para a época. Henry Ford buscou então atender e criar demanda por carros nos Estados Unidos, introduzindo novos conceitos. A padronização das partes foi um dos principais, a partir da qual, as peças se tornaram intercambiáveis entre carros diferentes, mas do mesmo modelo. Ajustes foram extintos, e a produção do veículo foi dividido em muitas e simples partes, onde um operador era responsável por cada uma delas. Foi instituída a linha de produção, onde o produto se movia através dos operadores, criando um fluxo lógico de produção. Com isso, Henry Ford alcançou níveis inimagináveis de produção do Ford Modelo T, único modelo produzido por Henry nesta data.

A GM, instigada por Alfred Sloan e a crescente perda de mercado para a Ford, reconheceu a demanda existente por mais modelos, e baseando-se na diversificação, conseguiu recuperar mercado e se tornar uma das principais montadoras, na década de 20. Entretanto, os momentos áureos de ambas as empresas terminaram na Grande Depressão de 30, ainda que elas viessem a se recuperar na década de 40 e 50, no período pós-guerra. (SHINGO, 1996)

A Produção Enxuta surgiu no Japão, especialmente no início dos anos 50, pós Segunda Guerra Mundial, na Toyota Motor Company. O país estava devastado pela

guerra, e não dispunha de recursos para realizar altos investimentos, o que caracterizava a produção em massa, sistema implantado por Henry Ford, na Ford. Além disso, no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como:

- mercado interno limitado e demandando vasta variedade de produtos;
- mão-de-obra organizada, e sindicalizada;
- existência de vários fabricantes de veículos do mundo, interessados em ingressar no Japão;

Assim nasceu o Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), estruturado por Taiichi Ohno, engenheiro de fábrica e que viria a se tornar vice-presidente da Toyota, que realizou suas primeiras experiências com este tipo de manufatura na indústria têxtil de Eiji Toyoda, futuro chefe de Taiichi na Toyota. Taiichi percebeu que para competir com o restante do mundo, notadamente os americanos, um novo sistema deveria se destacar pela qualidade e pela flexibilidade de seus processos, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional. (OHNO, 1997)

A definição de manufatura enxuta, segundo seu próprio criado, dado em (OHNO, 1997), é: “A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida”.

Um dos pontos principais da luta de Ohno, era na busca da redução e eliminação dos desperdícios (em japonês, muda). Ele era implacável na redução destes, pois de acordo com sua linha de pensamento, era possível aumentar os lucros da empresa de 2 formas: aumentar os preços, ou reduzir os custos. Ao contrário do pensamento usual e ocidental, Taiichi Ohno preferiu reduzir custos, pois deste modo, já estava levando em consideração o que o cliente desejava como valor, que seria um preço razoável.

Definido que era necessário reduzir os custos, Taiichi declarou guerra às perdas, classificando-as em 7 tipos principais (SHINGO, 1996) (OHNO, 1997):

- Perda por superprodução

A perda por superprodução pode ser basicamente de 2 tipos: produzir-se a mais do que o necessário, e produzir-se antes do necessário. Ambas esbarram no quesito estoque, onde a produção de itens que podem não ser vendidos, ou podem ficar esperando algum tempo até serem vendidos, representam uma perda financeira à empresa.

- Perda por tempo de espera

Neste tipo de perda, há desperdício de mão-de-obra, de máquina, ao se fazer esperar, por diversos motivos: atraso de componentes, falta de operadores, atraso no processo anterior, tempo de troca de ferramentas. Tudo isso cria uma bola de neve, que é o atraso, e que vai impactar negativamente em algum ponto do processo.

- Perda por transporte

Aqui, o transporte desnecessário se apresenta como uma das perdas fundamentais. O deslocamento do produto entre máquinas, que poderiam estar próximas umas das outras, são o principal exemplo deste tipo de perda.

- Perda por processamento

Perda por processamento consiste em máquinas ou equipamentos usados de modo inadequado quanto à capacidade ouabilidade de desempenhar uma operação. Deste modo, o produto pode sofrer transformações desnecessárias, ou custosas demais. Neste tipo de perda, o trabalho da engenharia se faz necessário, de modo a repensar processos.

- Perda por movimentação nas operações

Neste tipo de perda, o operador tem que percorrer distâncias enormes, pelo fato de que o layout da área não foi planejado de forma a evitar estes deslocamentos. É um desperdício de tempo e homens-hora.

- Perda por produtos defeituosos ou retrabalho

Todo produto defeituoso vai impactar de alguma maneira os processos a frente daquele que o produziu, por isso a importância de que os defeitos sejam eliminados, e caso ocorram, sejam tratados no próprio processo criador, que é o responsável por criar contramedidas, e evitar seu aparecimento posterior. O impacto de um produto defeituoso vai desde seu completo descarte, e consequente perda financeira, até o retrabalho do mesmo, e o custo envolvido nesta atividade.

- Perda por estoque

Antes da manufatura enxuta, era interessante armazenar estoque, pois ele era o responsável por absorver variações da demanda, como faltas. Entretanto, a utilização de estoques passou a ser encarada como um desperdício de dinheiro, visto que já era possível produzir sem estoque, conforme apregoado pela Toyota com seu sistema just-in-time.



Figura 3.2 – Relacionamento entre redução das perdas, padronização do trabalho e o progresso (melhoria)

## **4 – Análise dos problemas**

### **4.1 – Busca da causa-raiz**

De posse dos problemas a serem enfrentados, é necessário realizar uma análise para se descobrir a real causa do problema, para que deste modo possa se resolver de fato o que o gera, e não adotar medidas paliativas, que não impedirão o reaparecimento do problema.

Para esta análise, serão utilizadas 2 ferramentas:

- 5 Porquês, de Taiichi Ohno
- Diagrama de Espinha de Peixe, de Ishikawa

#### **4.1.2 - 5 Porquês, de Taiichi Ohno**

Esta ferramenta foi desenvolvida pelo pai do amplamente utilizado Sistema Toyota de Produção, o engenheiro Taiichi Ohno. Neste sistema, as perdas são intoleráveis, e para evitar que uma perda se repita, há de se buscar a causa-raiz do problema, impedindo sua repetição. (OHNO, 1997)

O método consiste em 5 iterações de perguntas sobre o porquê do problema. Na realidade, não é necessário que sejam exatamente 5 perguntas. Podem ser menos ou mais, desde que se chegue a real causa do problema. Para um bom resultado, é interessante que diferentes pessoas, de diferentes atividades e setores na empresa participem. Isso inclui operadores de produção, responsáveis pela qualidade, engenharia, entre outros.

Apesar de famosa, é preciso entender que esta é uma ferramenta limitada, principalmente pela amplitude de resultados que se pode obter, dependendo das

pessoas que participam, e seu real conhecimento sobre o assunto. Uma das maneiras de se remediar isso é realizar o que foi proposto acima, reunindo pessoas das mais variadas áreas. Uma outra maneira é a utilização de outra ferramenta de busca de causa-raiz, como o Diagrama de Ishikawa, que será visto adiante.

#### 4.1.2 - Aplicação dos 5 Porquês

A aplicação dos 5 Porquês, para os problemas levantados neste trabalho, resultou no seguinte:

| Excesso de refugo             |   |
|-------------------------------|---|
| 1                             | <b>Por quê há refugo?</b>                                   |
|                               | Porque operador comete um erro, que não permite retrabalho. |
| 2                             | <b>Por quê?</b>   |
|                               | Operador se enganou quanto à correta manufatura             |
| 3                             | <b>Por quê?</b>   |
|                               | Porque não havia consultado o procedimento correto          |
| 4                             | <b>Por quê?</b>   |
|                               | Porque não foi feito trabalho padronizado                   |
| <b>Causa-Raiz:</b>            |   |
| Falta de Trabalho Padronizado |   |

Tabela 4.1 – Análise 5 Porquês, para o problema de excesso de refugo

| Falta de ferramentas |   |  |
|----------------------|---|--|
| 1                    | <b>Por quê faltam ferramentas?</b>                            |  |
|                      | Porque elas não foram compradas ou somem                      |  |
| 2                    | <b>Por quê elas não foram compradas?</b>                      | <b>Por quê elas somem?</b>   |
|                      | Porque não se sabe quais devem ser compradas                  | Porque operadores não devolvem ferramentas aos kits                |
| 3                    | <b>Por quê não se sabe?</b>                                   | <b>Por quê não devolvem?</b>                                       |
|                      | Porque não foi realizado o levantamento.                      | Porque o kit está muito longe, e eles preferem guardar perto deles |
| 4                    |   | <b>Por quê?</b>  |
|                      |   | Para evitar deslocamentos  |
|                      | <b>Causa-Raiz:</b>  | <b>Causa-Raiz:</b>   |
|                      | Falta levantamento de peças, para se efetuar pedido de compra | Ferramentas estão longe do operador                                |

Tabela 4.2 – Análise 5 Porquês, para o problema de falta de ferramentas

| Excesso de ajustes                      |   |
|---|---|
|   |   |
| <b>1 Por quê há ajuste?</b>             |   |
|   | Porque a peça vem com medidas incorretas    |
|   |   |
| <b>2 Por quê?</b>                       |   |
|   | Porque a área anterior envia as peças assim |
|   |   |
| <b>3 Por quê?</b>                       |   |
|   | Porque a inspeção aprovou estas peças       |
|   |   |
| <b>4 Por quê?</b>                       |   |
|   | Porque houve falha durante a inspeção       |
|   |   |
| <b>Causa-Raiz:</b>                      |   |
| Falhas de inspeção do processo anterior |   |

Tabela 4.3 – Análise 5 Porquês, para o problema de excesso de ajustes

| Recursos Longe                            |  |
|---|--|
|   |  |
| <b>1 Por quê os recursos estão longe?</b> |  |
|   | Porque não há uma definição de seus locais |
|   |  |
| <b>2 Por quê?</b>                         |  |
|   | Porque não foi definido o melhor layout    |
|   |  |
| <b>Causa-Raiz:</b>                        |  |
| Falta de definição do layout da área      |  |

Tabela 4.4 – Análise 5 Porquês, para o problema de Recursos Longe do Operador

#### 4.1.3 - Diagrama de Ishikawa

Esta ferramenta tem como objetivo, dado um problema ou ponto a melhorar, levantar os fatores que podem estar o influenciando. Para esta análise, são estabelecidos 6 grupos, nos quais irão se procurar as causas relacionadas ao problema principal, dentro de cada um dos grupos. Como grupos, têm-se:

- Método
- Matéria-prima

- Mão-de-obra
- Máquinas
- Medição
- Meio ambiente

Esta ferramenta também é conhecida como 6M, por causa dos grupos de trabalho.

#### **4.1.4 - Aplicação do Diagrama de Ishikawa**

A aplicação do Diagrama de Ishikawa aos problemas, em reunião com pessoas de diferentes áreas envolvidas, resultou no seguinte:

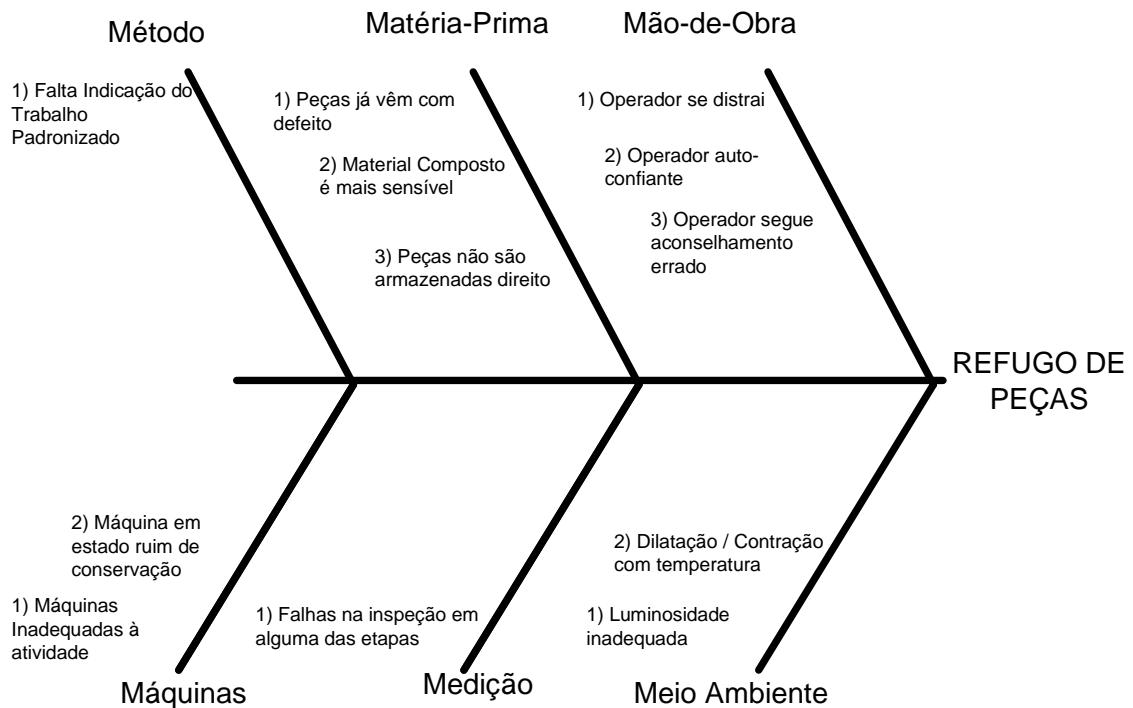


Figura 4.1 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Refugo de Peças

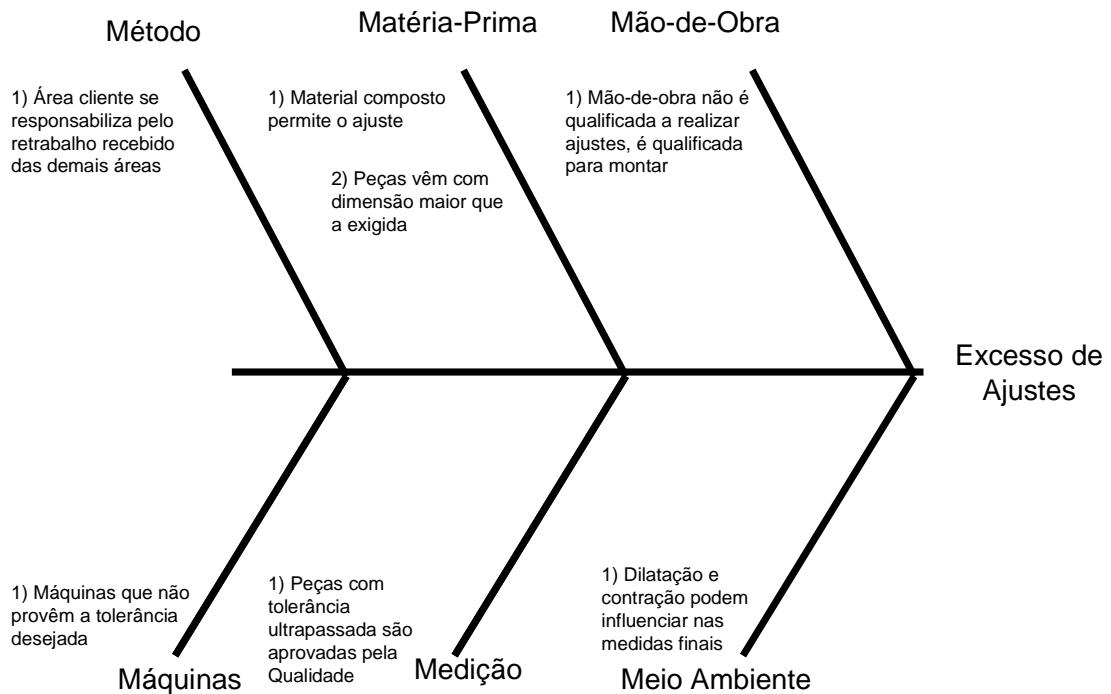


Figura 4.2 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Excesso de Ajustes

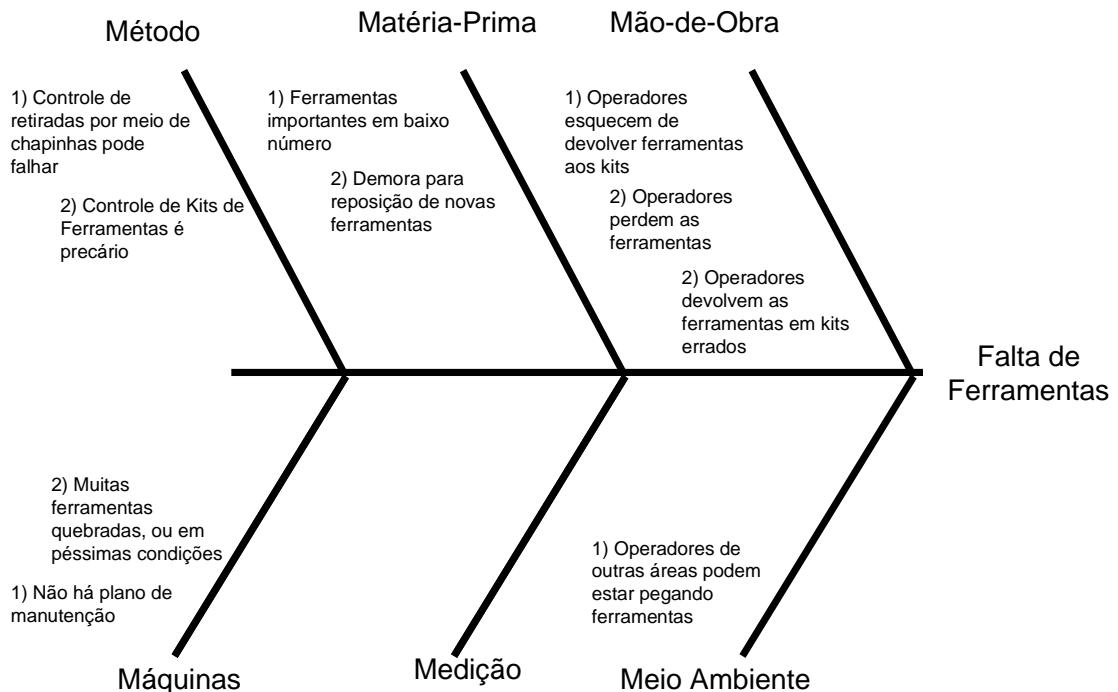


Figura 4.3 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Refugo de Peças

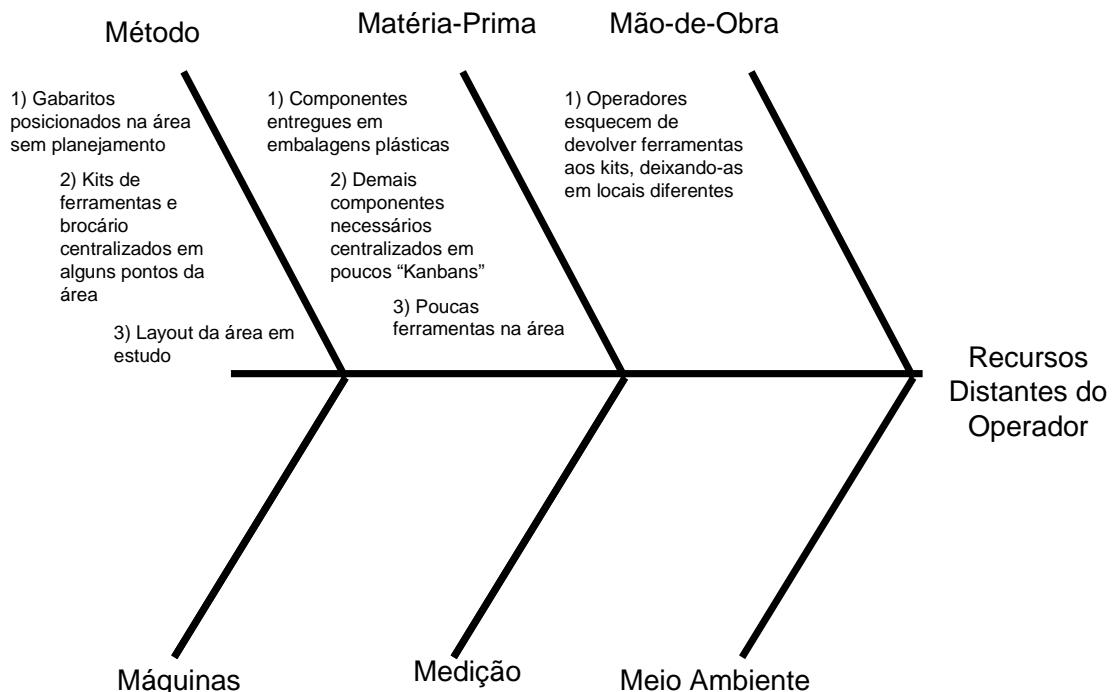


Figura 4.4 – Diagrama de Ishikawa, para o problema de Recursos Distantes do Operador

## 4.2 – Definição Causas Raízes

Portanto, para cada problema, foram definidas algumas causas-raízes. É certo que todas influem de algum modo para a ocorrência deste problema, e em um escopo mais amplo, todas elas deveriam ser tratadas e resolvidas. Entretanto, este trabalho irá se dedicar àquelas causas-raízes mais impactantes e importantes.

Foi realizada a ponderação de todas as causas-raízes, por problema encontrado, e de acordo com alguns fatores definidos:

- Responsabilidade da Área
- Histórico
- Resolução Curto-Prazo

| Problema                   | Causas-Raízes  | Responsabilidade da área |         |           | Total   | Classif. |
|----------------------------|--|--------------------------|---------|-----------|---------|----------|
|                            |  | peso: 7                  | peso: 4 | Histórico | peso: 3 |          |
| Excesso de Refugo          | Falta de Trabalho Padronizado                              | 5                        | 4       | 5         | 66      | 2        |
|                            | Peças já vem com defeito                                   | 1                        | 3       | 1         | 22      | 7        |
|                            | Material Composto é mais sensível                          | 1                        | 3       | 1         | 22      | 7        |
|                            | Peças não são armazenadas direito                          | 3                        | 3       | 3         | 42      | 5        |
|                            | Operador se distrai  | 4                        | 3       | 5         | 55      | 3        |
|                            | Operador acha que sabe                                     | 4                        | 3       | 5         | 55      | 3        |
|                            | Operador segue indicação errada                            | 5                        | 5       | 5         | 70      | 1        |
|                            | Máquinas inadequadas                                       | 4                        | 3       | 3         | 49      | 4        |
|                            | Máquinas em estado ruim de conservação                     | 4                        | 3       | 3         | 49      | 4        |
|                            | Falhas de Inspeção   | 1                        | 1       | 3         | 20      | 9        |
| Excesso de Ajustes         | Luminosidade inadequada                                    | 4                        | 1       | 1         | 35      | 6        |
|                            | Variações de Temperatura                                   | 2                        | 1       | 1         | 21      | 8        |
|                            | Área cliente se responsabiliza por retrabalho anterior     | 5                        | 5       | 5         | 70      | 1        |
|                            | Material composto permite o ajuste                         | 1                        | 3       | 1         | 22      | 5        |
|                            | Peças vêm com dimensão maior que a exigida                 | 1                        | 5       | 3         | 36      | 4        |
|                            | Mão-de-obra não qualificada a ajustar peças                | 5                        | 4       | 3         | 60      | 2        |
|                            | Máquinas não provêm tolerância desejada                    | 5                        | 1       | 1         | 42      | 3        |
| Falta de Ferramentas       | Falhas na inspeção de qualidade                            | 1                        | 1       | 1         | 14      | 6        |
|                            | Variações de Temperatura                                   | 1                        | 1       | 1         | 14      | 6        |
|                            | Controle de Retiradas por meio de chapinhas pode ser falho | 5                        | 2       | 4         | 55      | 6        |
|                            | Controle de Kits de ferramentas é precário                 | 5                        | 3       | 4         | 59      | 5        |
|                            | Ferramentas importantes em baixo número                    | 5                        | 4       | 4         | 63      | 3        |
|                            | Demora para reposição de novas ferramentas                 | 1                        | 5       | 3         | 36      | 8        |
|                            | Operadores esquecem de devolver ferramentas                | 5                        | 5       | 5         | 70      | 1        |
|                            | Operadores perdem ferramentas                              | 5                        | 3       | 5         | 62      | 4        |
|                            | Operadores devolvem ferramentas em kits errados            | 5                        | 5       | 5         | 70      | 1        |
|                            | Muitas ferramentas quebradas                               | 5                        | 4       | 5         | 66      | 2        |
| Recursos Distantes         | Não há plano de manutenção                                 | 5                        | 3       | 2         | 53      | 7        |
|                            | Operadores de outras áreas podem estar pegando ferramentas | 1                        | 1       | 1         | 14      | 9        |
|                            | Gabaritos mal posicionados                                 | 5                        | 3       | 4         | 59      | 3        |
|                            | Kits de ferramentas e brocários mal posicionados           | 5                        | 5       | 5         | 70      | 1        |
|                            | Layout incompleto  | 5                        | 3       | 2         | 53      | 4        |
|                            | Componentes entregues em embalagens plásticas              | 1                        | 3       | 1         | 22      | 6        |
|                            | Demais componentes centralizados em poucos "Kanbans"       | 1                        | 3       | 1         | 22      | 6        |
| Poucas ferramentas na área | Poucas ferramentas na área                                 | 5                        | 3       | 1         | 50      | 5        |
|                            | Operadores esquecem de devolver ferramentas                | 5                        | 5       | 5         | 70      | 2        |

Tabela 4.5 – Ponderação das Causas-Raízes encontradas, para definir as prioritárias

| Problema             | Causa-Raiz                                       |
|----------------------|--|
| Excesso de Refugo    | Operador segue indicação errada                  |
|                      | Falta de Trabalho Padronizado                    |
|                      | Operador se distrai / Operador acha que sabe     |
|                      | Máquinas inadequadas / em estado ruim            |
|                      |  |
| Excesso de Ajustes   | Área cliente se responsabiliza trab. Anterior    |
|                      | Mão-de-obra não-qualificada a ajustar peças      |
|                      | Máquinas não provêm tolerância desejada          |
|                      | Peças vêm com dimensão maior que a exigida       |
|                      |  |
| Falta de Ferramentas | Operadores esquecem de devolver ferramentas      |
|                      | Muitas ferramentas quebradas                     |
|                      | Ferramentas importantes em baixo número          |
|                      | Operadores perdem ferramentas                    |
|                      |  |
| Recursos Distantes   | Kits de ferramentas e brocários mal posicionados |
|                      | Operadores esquecem de devolver ferramentas      |
|                      | Gabaritos mal posicionados                       |
|                      | Layout incompleto                                |

Tabela 4.6 – Resumo das principais causas-raízes, após levantamento de importância

#### 4.2.1 - Excesso de Refugo

Podem-se dividir as causas-raízes encontradas para este problema em 2 grupos:

- causas relacionadas à indicação do trabalho a se fazer
- causa relacionada às ferramentas utilizadas

No primeiro caso, trata-se de como limitar a atuação dos operadores, de modo a que todo o processo seja pré-definido, e não permita margem de manobra por parte do operador, o que pode levar a uma não-conformidade. Desse modo, substitui-se o conhecimento concentrado na experiência do operador, por documentos formais que registram a melhor maneira de se realizar tal tarefa.

No segundo caso, é levado em consideração o estado das ferramentas, e sua relação na ocorrência de defeitos.

#### **4.2.2 - Excesso de Ajustes**

No caso da necessidade de ajustarem-se peças, pode-se também dividir em 2 categorias:

- Causas relacionadas ao processo anterior
- Causas relacionadas à inaptidão da área em realizar tal atividade

No primeiro caso, são destacadas as causas-raízes que não podem ser tratadas pela área em questão, por tratar-se de responsabilidades do processo anterior, a Fabricação de Peças Primárias. No segundo caso, as causas também não podem ser tratadas, mas pelo fato da área estudada não ser capaz ou possuir os recursos corretos para efetuar as atividades de reparo.

#### **4.2.3 - Falta de Ferramentas**

A falta de ferramentas também pode ter suas causas divididas em 2 grupos:

- Causas relacionadas à organização
- Causas relacionadas à quantidade/qualidade das ferramentas

No primeiro grupo, as causas tratam de pontos como o posicionamento das ferramentas, bem como a conservação do posicionamento ideal das mesmas. No segundo grupo, aponta-se a necessidade de se rever a quantidade bem como o estado atual das ferramentas presentes na área.

#### **4.2.3 - Recursos Distantes**

A distância entre os recursos e seus locais de aplicação se deve a causas de planejamento de layout, em sua maioria. Assim como tratado no tópico anterior, a organização da área é fundamental para que o layout definitivo seja respeitado e preservado.

## 4.3 – Escolha das Soluções

### 4.3.1 - Excesso de Refugo

Para tratar dos problemas relacionados à indicação do trabalho a se fazer, o caminho natural aponta para a realização do Trabalho Padronizado. É o jeito mais simples de se propagar o conhecimento correto, e se cobrar o correto cumprimento do mesmo.

Um dos pontos fundamentais do STP, proposto por Taiichi Ohno, é a utilização do Trabalho Padronizado. Segundo Ohno (1997), a folha de Trabalho Padrão combina eficazmente materiais, operários e máquinas para produzir com eficiência. Ainda segundo ele, qualquer operador, com um mínimo de experiência, deveria ser capaz de aprender o ofício em X dias. A partir destes conceitos, será realizado o Trabalho Padronizado das peças escolhidas.

Quanto à causa-raiz relacionada ao estado das máquinas e às necessidades de novas máquinas, poderia ser realizado um estudo a respeito da atual disponibilidade de recursos, e sua correspondência às atividades da área. Um dos pontos aplicáveis da teoria estudada é a Manutenção Produtiva Total, onde se busca realizar atividades de manutenção e de prevenção da manutenção. Esta teoria poderia então ser aplicada para a solução do problema. Mas não será foco deste trabalho.

### 4.3.2 - Excesso de Ajustes

Como visto no tópico de definição das causas-raízes, em relação ao excesso de ajustes, elas podem estar relacionadas ao processo anterior, que envia peças fora do padrão necessário para a montagem, ou estão relacionadas ao próprio processo, que não tem a aptidão necessária para realizar o trabalho de ajuste.

Neste caso, a solução do problema passa em conversar com o processo anterior sobre o que está ocorrendo, e quais medidas podem ser tomadas. Um plano de ação deve ser elaborado em conjunto, tendo como focos 2 objetivos:

- Como primeiro objetivo, impedir que peças fora das medidas cheguem à área de Montagem. Todo um trabalho deve ser feito no setor de Fabricação, de modo que as medidas sejam respeitadas, e a inspeção seja rigorosa neste sentido, não deixando que peças fora do padrão sejam aprovadas.
- Como segundo objetivo, é preciso que os operadores da área de montagem sejam capacitados a realizar pequenos ajustes, pois mesmo que se atinja o primeiro objetivo, podem ocorrer casos de peças necessitarem de ajustes, e mesmo assim chegarem à área de montagem.

#### **4.3.3 - Falta de Ferramentas**

Boa parte dos problemas de falta de ferramentas pode ser resolvido com uma melhor organização da área, e consequentemente, das ferramentas. Desse modo, a tomada de ferramentas pelo operador, sua utilização e posterior retorno da mesma, terá um fluxo claro, e simples, de modo que não se permita qualquer desvio. Outro ponto nesta análise é que, aproveitando-se que se irá melhorar a organização das ferramentas, deve-se fazer com que elas permaneçam próximas (sempre que possível) dos operadores, para evitar movimentações desnecessárias. Entretanto, esta melhoria será vista no próximo tópico.

Outra parte dos problemas ligados às ferramentas, é causada pelo estado das mesmas. Muitas estão em estado precário de funcionamento, seja pela falta de manutenção, seja pela quantidade limitada de unidades na fábrica, o que leva ao uso em excesso.

Para resolver este problema, poderão ser utilizadas duas ferramentas, em paralelo:

- Serão utilizados conceitos de TPM, de modo a planejar a manutenção destas máquinas e ferramentas
- Serão levantados os itens presentes e os itens faltantes na área, para que estes possam ser providenciados e disponibilizados

Só a segunda ferramenta será utilizada, por estar no escopo das ferramentas deste trabalho.

#### **4.3.4 - Recursos Distantes**

Para resolver o problema da distância entre recursos, gabaritos e operadores é necessária uma revisão do layout da área. Deste modo, dentro de uma mesma célula de trabalho, devem estar presentes todos os itens necessários à fabricação do produto, desde as partes componentes, até todas as ferramentas. Para esta definição, será utilizado o acompanhamento da movimentação do operador, para a partir de então, analisar quais são os pontos necessários, que o operador precisa acessar.

## **5 – Plano de Implementação das Soluções**

Para início de trabalho, foi definido que a Peça A, peça componente do Produto X, seria a primeira peça a passar pelo processo de transformação, de acordo com as soluções propostas. Ela foi escolhida por alguns motivos em especial: duração média de ciclo de trabalho (aproximadamente 5 a 6 dias, enquanto que os extremos na manufatura de grandes conjuntos são 1 ou 2 dias, em um extremo, e de 15 a 20 dias, no outro); e processo considerado robusto, ou seja, com poucos problemas de projeto e ferramental ainda pendentes, quando considerado aos demais conjuntos.

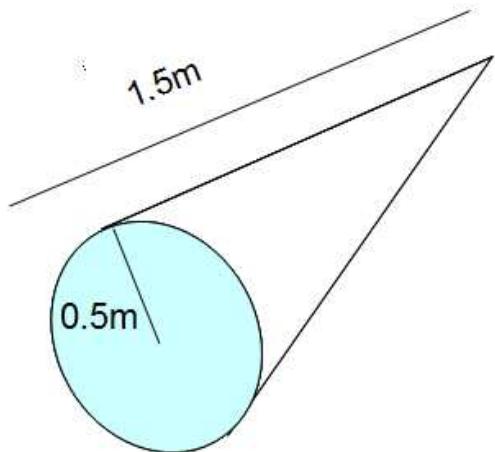


Figura 5.1 – Esboço Peça A

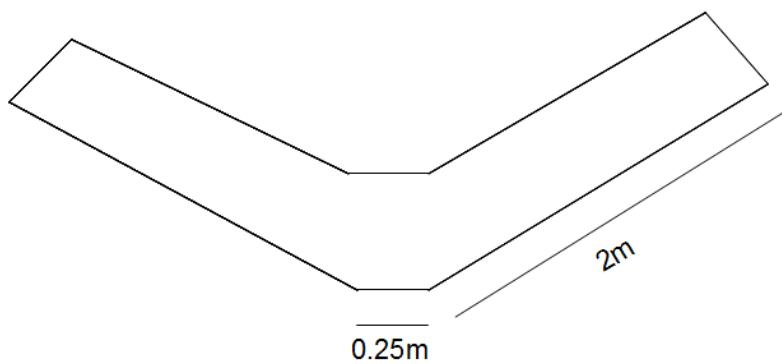


Figura 5.2 – Esboço Peça B

A partir dos conhecimentos gerados e praticados com esse primeiro gabarito experimental, posteriormente o processo seria aplicado aos demais gabaritos, prioritariamente por ordem de criticidade e tempo de ciclo. Foi definido então que o próximo gabarito a ser melhorado seria o da Peça B, conforme já explicado anteriormente neste trabalho.

A empresa já possui um programa de implementação do Lean, onde ela promove semanas de melhoria, conhecidas como “Semanas Kaizen”. Nestas semanas, projetos de melhoria são conduzidos com apoio de consultorias especializadas, buscando a eficiência dos processos atuais e daqueles que ainda estão por vir. Durante toda esta semana, um projeto é iniciado em determinada área, recebe a orientação durante a semana, prestada pela consultoria, e apresenta ao final da mesma, os resultados obtidos.

Levando em consideração este histórico, e o modo como atualmente ocorrem as melhorias na empresa, pensou-se então em como seria feito um processo de melhoria mais permanente, e que pudesse abranger toda a área. Foi definido então um cronograma de atividades, a partir das necessidades e conhecimentos gerados.

Foram levantados os pontos a se considerar, e divididos então em 3 momentos do processo de melhoria:

- pré-montagem
- durante a montagem
- pós-montagem.

Há ainda a etapa de acompanhamento de uma segunda montagem, apenas para se validar todo o processo desenvolvido. Para cada etapa, foram definidos alguns pontos principais, definidos a partir dos problemas encontrados.

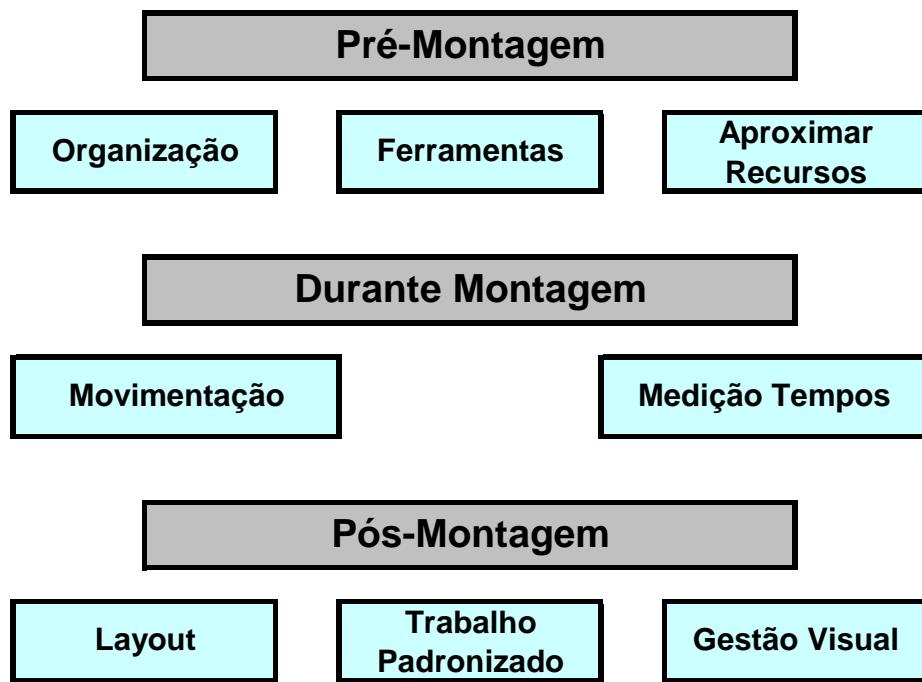


Figura 5.3 – Pontos de Melhoria, e sua ocorrência no processo de montagem

## 5.1 – Pré-Montagem

Na etapa de pré-montagem, foram definidas as seguintes etapas:

- Levantamento de ferramentas e disponibilização das mesmas
- Melhorar o abastecimento de itens
- Definir o layout macro e micro da célula
- Aplicação do 5S

### 5.1.1 - Ferramentas

A manufatura enxuta prega que desperdícios de movimentação desnecessários devem ser evitados, e como solução, propõe que todos os recursos estejam à disposição do operador, na própria célula de trabalho, de modo que ele não tenha que

deixá-la para buscar qualquer item. É o conceito do operador-cirurgião. Do mesmo modo que o médico em uma cirurgia, onde este tem todos os recursos ao alcance da sua mão, o operador também deve ser provido de todos os recursos, pois se fazendo a analogia com o procedimento cirúrgico, do mesmo modo que o cirurgião se ausentar durante uma cirurgia pode gerar graves perdas, o operador que não se encontra em seu local de trabalho, certamente está deixando de produzir.

Logo, as ferramentas devem ser levantadas, armazenando-se o tipo e quantidade de cada uma delas. Em alguns casos, o operador pode ser a fonte de informações para tal tarefa; em outros casos, essas informações podem vir especificadas no Roteiro de Operações; e em alguns casos de montagens novas (como acontece freqüentemente na área), nenhuma destas duas fontes está disponível. Logo, se torna necessário o acompanhamento da montagem para que os dados possam ser levantados.

Levantadas todas as ferramentas, deve ser analisado se estas se encontram na área, e se estão disponíveis, para compor um kit de ferramentas exclusivas para o gabarito em questão. Em alguns casos será possível dedicá-las exclusivamente ao gabarito, em outros casos, será necessário permanecer com o uso compartilhado, até que um número maior de ferramentas seja comprado, e permita seu uso exclusivo.

Outro ponto importante para o Lean é a organização: as ferramentas têm que estar organizadas, de maneira a tornar seu uso fácil pelo operador. De nada adianta todas as ferramentas estarem disponíveis na célula, mas elas se encontrarem jogadas em uma caixa. Cada vez que o operador necessitar utilizá-las, se perderá tempo com essa busca. Portanto, estas ferramentas têm que estar dispostas de maneira a prontamente permitir o uso. Tal qual o cirurgião dispõe seus materiais.

### **5.1.2 - Abastecimento de Itens (Aproximar recursos)**

Acrescido aos itens que são entregues em embalagens plásticas, não há uma rota definida de abastecimento, de modo a racionalizar o esforço do setor de logística, responsável pelo abastecimento. Tanto na esfera micro (dentro de uma célula, onde seria a entrada e a saída de peças), quanto na esfera macro (entre os diferentes gabaritos, como fazer o abastecimento entre eles).

Um dos primeiros pontos a serem atacados é a forma como os itens chegam às mãos do operador. Toda a perda de tempo ocasionada pelo preparo do item antes da montagem deve ser evitada. A peça tem que estar desembalada, e pronta para o operador utilizá-la. Do mesmo modo que com as ferramentas, os itens têm que estar dispostos de modo a facilitar o uso pelo operador, e a facilitar também a visualização de faltas. A mesma solução utilizada com as ferramentas poderia servir também aos itens de abastecimento.

### **5.1.3 - Layout da célula**

Quanto à definição do **layout da célula**, há de se entender o porquê de se estar utilizando o termo célula. No caso em questão, o gabarito ficará em uma área delimitada pela própria e bem demarcada das demais. Todos os recursos para a fabricação daquele item, no próprio gabarito, estarão separados e disponíveis na própria célula. Portanto, apesar de não serem vários processos, nem diversas pessoas (como em uma célula tradicional), estará se referenciando o termo célula neste trabalho, pelos motivos apresentados.

Retornando à definição de layout, ela deve ser feita em 2 frentes: macro e micro. Por definição do layout macro, entende-se o posicionamento e relacionamento da célula, com as demais células presentes na área. Como mencionado, a idéia é iniciar por um gabarito, formar sua célula, e em seguida replicar o conceito para todos os demais gabaritos. Com todas as células formadas, poderá se agrupar algumas células,

a partir de conceitos a serem definidos, em células “maiores”, de modo a facilitar, entre outras coisas, o controle da produção. Esta é a visão macro do layout.

Quanto ao layout micro, entende-se o posicionamento (arranjo físico), dentro da célula em questão. Gabarito, bancadas, armários, ferramentas, tudo deve ser posicionado de forma a evitar alguns dos desperdícios que não podem existir, segundo o Lean Manufacturing, como por exemplo, o desperdício de movimentação desnecessária. Tendo definido o layout micro, é fácil de perceber que este layout independe do layout macro, já que, independente de onde esta célula se localizar, internamente ela será sempre igual, apenas transportando-a ao seu local definitivo. Isto facilita muito, em uma área de intensa remodelação, com a chegada de itens novos.

Este trabalho irá trabalhar apenas o layout micro (interno às células das 2 peças trabalhadas), pois o layout macro já é tema de estudo por parte da empresa.

#### 5.1.4 - 5S

A implantação do **5S** se faz fundamental para permitir que o layout definido, seja mantido e melhorado. A partir dos 5 princípios do 5S já mencionados, espera-se que haja uma sensível melhoria nas condições de trabalho, tanto para quem trabalha naquela célula, como para as demais pessoas que por ali passam.

De acordo com o senso de Utilização, deve-se procurar retirar da célula qualquer ferramenta, material ou item desnecessário ao trabalho realizado naquele local. Este material deve ser prontamente retirado da célula, e colocado em local apropriado, para o seu destino correto (outra área, ou dispensa). Com uma melhor visualização do local de trabalho, podem-se ordenar os materiais (esses sim úteis) dentro da célula, de acordo com o segundo senso, o de Ordenação. Isso inclui demarcação de locais, com fitas e etiquetas indicativas.

O terceiro senso é o de Limpeza, que diz que a melhor maneira de limpar, é não sujar. Mas caso seja necessário, limpar sempre, de modo a manter um ambiente agradável para todos. Os dois últimos senso (Saúde e Auto-Disciplina) pregam uma cultura maior do que qualquer célula, onde se deve promover um ambiente saudável (física e mentalmente), além de cultivar bons hábitos, como ética, qualidade de vida e respeito aos outros.

## 5.2 – Durante a Montagem

Na etapa durante a montagem, as seguintes etapas fazem parte:

- Acompanhamento da montagem
  - Medição de Tempos
  - Controle da Movimentação

### 5.2.1 - Acompanhamento da Montagem

Para o acompanhamento da montagem, foram escolhidas duas pessoas, uma em cada turno de produção, que ficarão 100% alocadas nesta função de coletora de dados. Elas têm que ser instruídas quanto à forma de coleta de dados, e informações necessárias a serem coletadas. Dentre elas, têm-se além dos tempos das atividades, a descrição das próprias atividades, a movimentação do operador, e as ferramentas, itens e materiais utilizados pelo operador durante a montagem.

Cada pessoa dotará de um relógio/cronômetro, sendo que o tempo será coletado com unidade mínima de minutos (já que as atividades não são tão curtas para serem medidas em segundos). Será utilizada uma folha-padrão para coleta dos tempos, conforme mostrado abaixo, e um desenho do layout simplificado da célula atual, para que possa ser feito o gráfico de movimentação, também conhecido como Gráfico de Spaghetti.

Figura 5.4 – Folha utilizada para tomada dos tempos

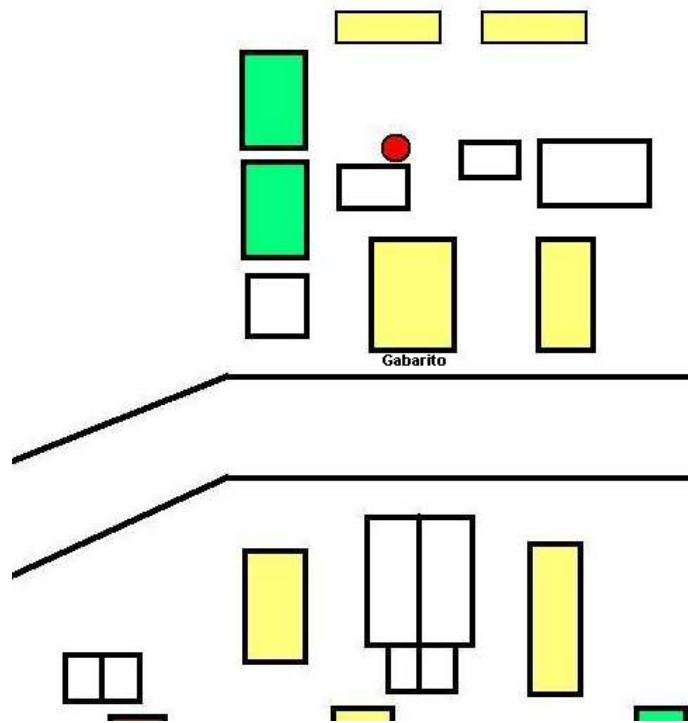


Figura 5.5 – Exemplo de folha com Layout utilizada para acompanhar movimentação

### 5.3 – Pós- Montagem

Na etapa de pós-montagem, foi definido:

- Definir trabalho padronizado
- Implantar Gestão Visual
- Concluir processo

De posse das informações coletadas durante a montagem, pode se dar início ao trabalho de análise e validação das mesmas. Ocorrências que poderiam alterar ou mascarar o resultado, como maior pressa do operador ou pressão por parte dos superiores, serão relatadas pela pessoa que acompanhou a medição. Do mesmo modo, a utilização de um operador inexperiente poderia prejudicar o trabalho, bem como um problema específico que ocorreu apenas naquela montagem. Não ocorrendo nenhum desses casos, a medição será validada e será possível trabalhar com esses dados.

As atividades serão classificadas em itens que agregam valor, itens que não agregam valor (e devem ser eliminados), e itens que não agregam valor, mas são necessários. Esta é a classificação usual utilizada nos processos de medição de tempo, e criação do trabalho padronizado com tempo. Como itens que agregam valor, podemos considerar as atividades usuais de produção, como furar, cravar, posicionar, entre outras. Como atividades que não agregam valor, entendemos todas aquelas que impactam negativamente no tempo final de montagem, e poderiam ser eliminadas. Como exemplos, temos paradas para buscar ferramentas, visualizar desenho, traçar cotas, retrabalhos, auxílio da qualidade, entre outros. Entretanto, ainda será utilizada mais uma categoria, a de itens que não agregam valor, mas são necessários, e não podem ser excluídos. Nessa categoria, estão atividades de limpeza, tempos de almoço e café e paradas para ir ao banheiro.

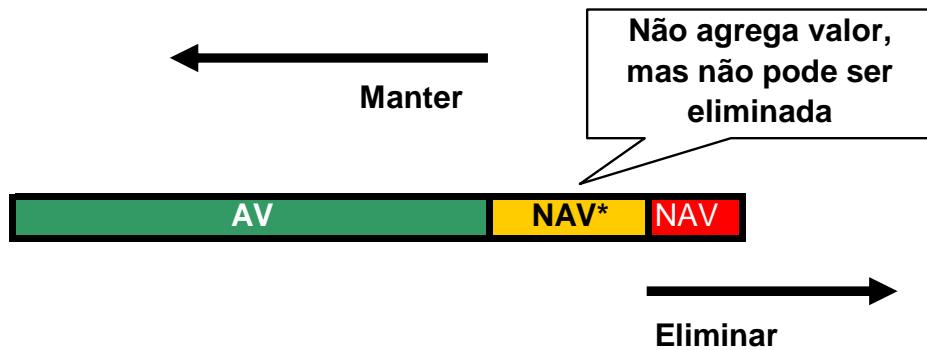


Figura 5.6 – Classificação de atividades quanto ao valor

De posse destes dados, espera-se realizar dois itens importantes: a Régua do Tempo, e o Trabalho Padronizado. A Régua do Tempo é um gráfico ao estilo de um cronograma, onde as atividades são seqüenciadas, e mostradas com seus respectivos tempos. A partir deste gráfico, o operador ou qualquer pessoa pode conferir seu desempenho, verificando se está em atraso ou adiantado, conforme a operação que estiver realizando.

Já o Trabalho Padronizado apresenta todas as operações a serem realizadas, em detalhes, com informações como recursos, ferramentas, número de operadores, de modo que qualquer pessoa com um mínimo de conhecimento possa efetuar aquela operação. E também para que o próprio operador possa seguir todos os passos corretamente, não cometendo enganos ou erros na montagem. O Trabalho Padronizado pode ser escrito, ou visual, com imagens das montagens e especificidades daquela montagem.

## **6 – Implementação**

O processo de melhoria da peça B foi iniciado 2 semanas após a conclusão das melhorias implantadas na peça A. Isso permitiu uma análise a respeito do que foi feito, e o que poderia ser revisto e melhorado. Estas impressões estão detalhadas nas conclusões a respeito deste trabalho.

Muitas das atividades realizadas na Peça A, se repetirão na peça B. Entretanto, dado a peculiaridade e diferenças entre cada uma das peças, os resultados obtidos serão diferentes.

Quando da conclusão deste trabalho, o processo de melhoria da Peça B não foi concluído, restando ainda algumas etapas e tarefas por fazer. O ponto de interrupção será detalhado no texto adiante.

### **6.1 – Pré-Montagem**

#### **6.1.1 - Layout**

O gabarito da peça A, no layout antigo da área, se encontrava em uma área muito próxima a outros gabaritos, sem definição muito precisa de itens pertencentes a este gabarito, ou a outro. Numa grande remodelação executada na área, envolvendo todos os gabaritos presentes, ele foi então alocado em uma posição nova, em um local contendo bancada, carrinho de ferramentas, gabarito, conforme layout básico mostrado abaixo:

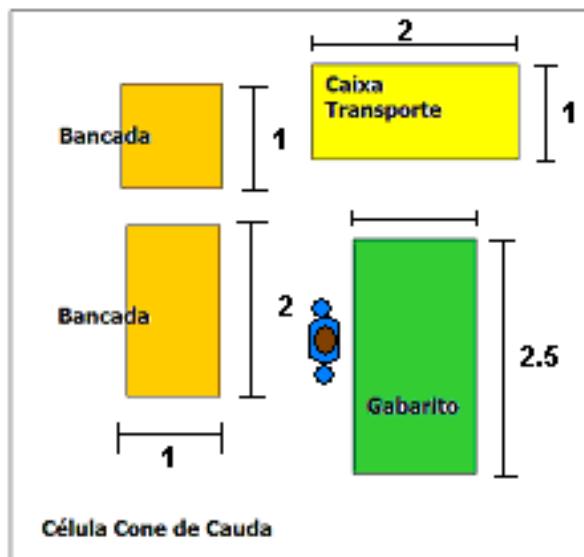


Figura 6.1 – Layout da Célula da Peça A

Esta posição no layout da área não é definitiva, pois como foi dito, a idéia futura é agregar montagens semelhantes em posições próximas. Entretanto, toda a disposição interna da “célula” de cada gabarito será mantida, independente de onde ela se localizar. Como o layout macro não será definido agora, toda a força de trabalho será direcionada a remodelar o layout micro, interno.

Diferentemente da peça A, o gabarito da peça B não sofreu movimentação de local. Por ser uma estrutura de grande porte, ela permaneceu no mesmo local. E será neste mesmo ponto que ela permanecerá, mesmo após a mudança final em toda a área. O que pode e será modificado (ainda que com algumas ressalvas), é a organização interna, dentro da célula da Peça B.

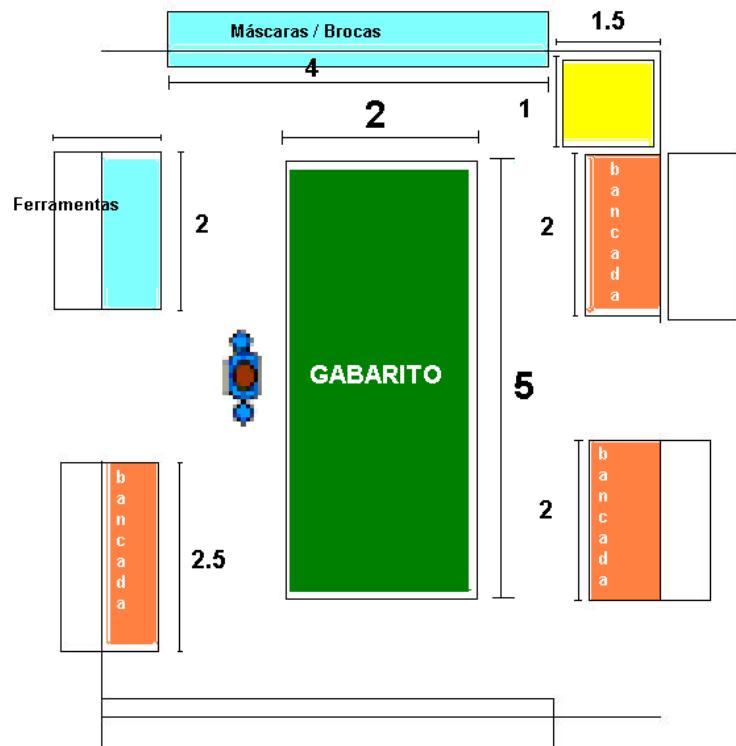


Figura 6.2 – Layout da Peça B

Um dos pontos mais importantes na definição do layout é evitar ao máximo a movimentação do operador. A filosofia lean prega que o desperdício deve ser reduzido ao máximo, e dois dos 7 desperdícios impactam neste caso: os desperdícios de excesso de movimento e de transporte. O layout mostrado foi basicamente definido levando em conta a se evitar estes desperdícios, entretanto, só uma ferramenta irá ajudar a definir o layout definitivo: o gráfico de Movimentação do Operador. Esta ferramenta irá mostrar quais são os pontos mais requisitados pelo operador, indicando assim quais pontos devem ser aproximados, além de mostrar deslocamentos que sequer devem existir.

O próprio operador é uma valiosa fonte de informações, já que ele está acostumado com a operação e seu dia-a-dia, portanto toda a definição de layout deve passar pelo crivo de seu principal usuário. Fundamentos de ergonomia, ligados às

condições de trabalho, e definição dos itens do ambiente de trabalho, também serão levados em consideração. Como um dos mais importantes itens neste estudo, o Gráfico de Movimentação do Operador, só será obtido após o acompanhamento de 1 montagem, o layout definitivo só será definido após a obtenção dos dados.

### **6.1.2 - Ferramentas**

Na célula fixa da Peça B, já existia um kit próprio de ferramentas. Entretanto, este kit apresentava falta de várias ferramentas utilizadas naquela montagem em específico, bem como a presença de ferramentas que não eram utilizadas ali, e que eram aproveitadas por operadores de outras montagens. Além disso, parte das ferramentas ficava em um armário fechado, tornando mais difícil o acesso rápido àquelas ferramentas.

No caso da célula da Peça A, não existia nenhum kit de ferramentas próprio da mesma. Nem sequer local para a acomodação das mesmas. Quando da montagem de uma nova peça A, as ferramentas eram reunidas, e colocadas sobre a bancada, sem qualquer organização, tornando-as suscetíveis à perda ou avaria.

O primeiro passo no sentido de aproximar as ferramentas do operador, foi utilizar-se do conceito de operador-cirurgião (já mencionado). Obteve-se a lista de todas as ferramentas a serem utilizadas. Aproveitando-se da experiência dos operadores de ambas as peças em questão, foi possível levantar a lista, sem a necessidade de acompanhar-se a montagem e levantar estes dados durante a mesma. Entretanto, esta lista seria validade durante a montagem.

| <b>KIT FERRAMENTA - Peça A</b> |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Qtd</b>                     | <b>Descrição</b>                             |
| 1                              | FURADEIRA PISTOLA 4500 RPM MANDRIL DE 1/4    |
| 1                              | FURADEIRA PISTOLA 500 RPM MANDRIL DE 3/8     |
| 1                              | FURADEIRA ANGULAR ``Z`` PINÇA ELÁSTICA       |
| 1                              | MARTELETE PNEUMÁTICO GRANDE                  |
| 1                              | LIXADEIRA 90° ALTA ROTAÇÃO                   |
| 1                              | MAQUINA CHERRY BICO 3/32                     |
| 1                              | MAQUINA CHERRY BICO 1/8                      |
| 1                              | MAQUINA CHERRY BICO 5/32                     |
| 2                              | REGULADOR MICROMÉTRICO PEQUENO               |
| 1                              | SACA PINO 3/32                               |
| 1                              | SACA PINO 1/8                                |
| 1                              | ALICATE DE GLECO                             |
| 1                              | PISTOLA DE AR                                |
| 1                              | MARTELLO LANTERNEIRO                         |
| 1                              | MARTELLO NYLON                               |
| 1                              | CABO DE FORÇA C/ CATRACA                     |
| 1                              | PONTA TORQUE SET Nº 6                        |
| 1                              | ESTAMPO DE MARTELETE 5/32 MARTELETE GRANDE   |
| 1                              | ROLINHO PARA SELAGEM                         |
| 1                              | CHAVE DE MANDRIL 3/8                         |
| 1                              | CHAVE DE MANDRIL 1/4                         |
| 1                              | CHAVE P/ PINÇA MAQUINA ``Z``                 |
| 1                              | ESCAREADOR MANUAL METAL DURO 3/32 100°       |
| 1                              | ESCAREADOR MANUAL METAL DURO 1/8 100°        |
| 2                              | PINÇAS ELÁSTICA 2.5MM                        |
| 1                              | LÂMPADA COM CABO LONGO                       |
| 1                              | ESCALA 300MM                                 |
| 1                              | PAQUÍMETRO DE 0,0 A 150MM                    |
| 1                              | TRIPÉ DE 3.3 MM                              |
| 1                              | ESCAREADOR SEM GUIA P/ REBARBA ("CEBOLINHA") |
| 1                              | ENCONTRADOR                                  |

Tabela 6.1 – Listagem realizada para obter ferramentas necessárias e disponíveis

A lista continha a quantidade de ferramentas necessária para a correta e prática montagem da peça. Utilizando-se de um programa próprio da empresa, foram levantadas todas as ferramentas disponíveis em toda a área, e suas quantidades. Baseado nas quantidades requeridas nas montagens das peças A e B, foi estabelecido quais ferramentas poderiam ser alocadas exclusivamente nas células destas peças, e quais ferramentas teriam que ficar em locais compartilhados, enquanto não eram compradas mais unidades.

As ferramentas foram então buscadas em toda a área, em caráter de empréstimo de kits pré-existentes (como já ocorre, acessível a todos os operadores). Após a reunião de todas as ferramentas, iniciou-se o pensamento de como deveria ser o

arranjo delas na célula. Tendo o arranjo físico definido, o passo seguinte seria criar então o novo Kit de ferramentas, dessa vez exclusivo para as peças em questão.

Uma das maneiras mais utilizadas, dado o tamanho geral das ferramentas, é utilizar-se de caixas de EVA, material semelhante a uma borracha, e fazer o contorno das ferramentas em relevo, para que estas se encaixem perfeitamente na caixa, mostrando claramente qual a posição da ferramenta, e quando esta está em falta ou em uso. Etiquetas com dados adicionais complementam as informações necessárias para o bom acompanhamento das ferramentas daquele kit.

Tendo estas bandejas sido confeccionadas, elas podem ser alocadas em um carrinho, disposto próximo ao operador, ou em uma estante, sempre ao fácil alcance de seus braços, evitando o deslocamento do mesmo.

Na peça A, o próprio operador ajudou no desenho das ferramentas, e obteve-se o esquema abaixo, que ficou disponível ao operador já para a montagem a ser iniciada, ainda que em caráter provisório, em cima de um armário com rodas. Mais tarde, com a definição do layout, seria escolhido onde ficaria este recurso.



Figura 6.3- Kit de Ferramentas confeccionado para Célula Peça A

Na peça B, as bandejas foram também confeccionadas, e colocadas em 2 das 3 bancadas disponíveis atualmente, sem prejuízo para a operação de montagem. Ainda

será decidido, com a definição do layout, se elas permanecerão nesta posição, ou se serão trocadas de local, ou colocadas em carrinhos.



Figura 6.4- Kit de Ferramentas confeccionado para Célula Peça B

### 6.1.3 - Abastecimento

O abastecimento de peças no gabarito em questão é realizado pela equipe do Planejamento e Controle, auxiliado pelo pessoal da Logística. As peças embaladas em diversas camadas de plástico bolha eram dispostas em um grande armário, que só tinha esta função, e ocupava um grande espaço na área da peça. O operador, antes de iniciar a montagem, tinha todo o trabalho de desembalar cada item. No caso da peça A, são mais de 15 itens, e na Peça B, mais de 100 itens. É preciso verificar a sua integridade, alocá-los em algum local (no caso, a própria bancada de trabalho), para aí então, iniciar a operação de montagem em si.

De acordo com os conceitos da Manufatura Enxuta, a peça deve ser entregue em perfeitas condições para o operador, que deve ter apenas a preocupação de produzir, que é o seu real trabalho. Portanto, todas as etapas mencionadas, anteriores a montagem em si, devem ser evitadas, ou em último caso, redistribuídas. Em reuniões com os responsáveis pelo abastecimento (Logística e Controle), ficou definido que estes seguiriam os novos padrões estabelecidos.

Como possível solução, foi pensado algo semelhante ao utilizado com as ferramentas. Uma bandeja feita de uma borracha EVA, com o desenho em relevo (neste caso das peças), de modo que estas se encaixem perfeitamente. Um carrinho também poderia ser levado em consideração, como suporte a bandeja. Como fundamentos para a tomada de uma decisão, alguns pontos foram levados em consideração:

- a peça não pode vir desembalada, dados os requisitos de integridade do material. Assim, alguém teria ainda que fazer este processo;
- a Logística tem restrições quanto ao tamanho da bandeja, pois essa tem que passar pelos corredores do setor de picking. Logo, a bandeja só pode ter largura máxima de 50 mm.

Utilizando-se destes princípios, foram desenhados também os contornos dos itens, utilizando-se dos mesmos, e montada então uma bandeja, de 100 mm x 50 mm, conforme mostrado na figura abaixo, para a Peça A:

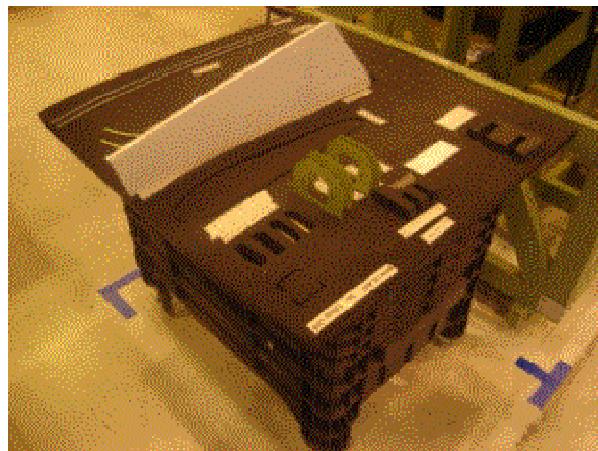


Figura 6.5 – Bandeja com os itens da Peça A, a serem abastecidos pela Logística

No caso da peça B, por falta de material (EVA), não foi possível confeccionar as bandejas para conter seus itens. Entretanto, o processo e resultados a se obter serão

bem próximos dos obtidos com a Peça A. Sua disposição na célula, entretanto, já será levada em conta quando da definição do layout micro, mais adiante.

#### 6.1.4 - Aplicação do 5S

Como o layout não era o definitivo (ainda estava em fase experimental), não foi possível aplicar todos os conceitos do 5S. O principal conceito utilizado foi o primeiro, de Utilização. Todos os itens não pertencentes à célula foram excluídos, e disponibilizados ao restante da produção. Os demais conceitos foram postergados, para serem amplamente aplicados após a definição do layout. Assim estando, fica mais simples a aplicação dos conceitos de Organização, Limpeza, Saúde e Auto-Disciplina.



Figura 6.6 – Identificação de regiões do gabarito, da Peça B

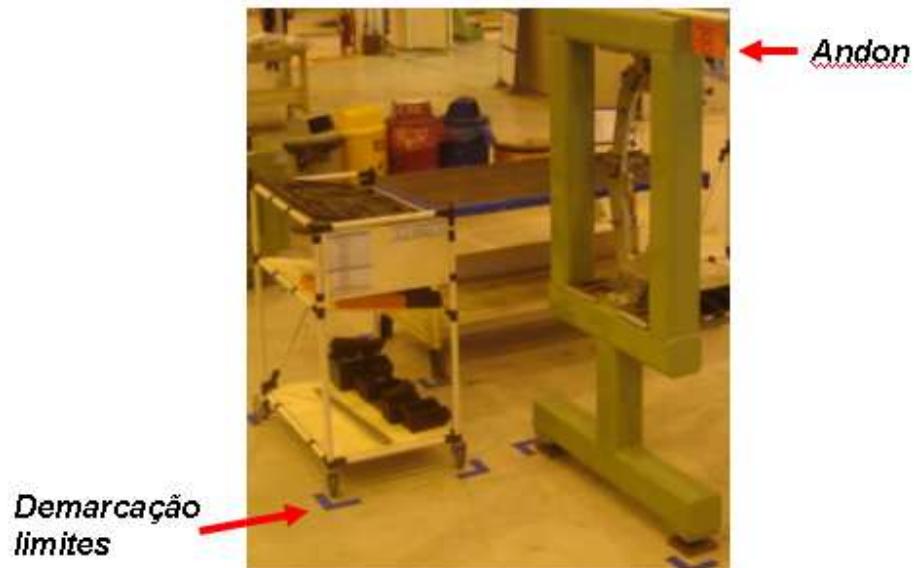


Figura 6.7 – Célula Peça B

## 6. 2 - Durante a Montagem

### 6.2.1 - Acompanhamento da Montagem

Durante a montagem, duas pessoas ficaram responsáveis por acompanhar o operador durante todo o processo. A elas, foram delegadas as seguintes tarefas:

- Medição dos Tempos das Atividades
- Controle da Movimentação do Operador
- Validação da Lista de Ferramentas Utilizadas
- Anotação de Melhorias sugeridas pelo operador

À Engenharia de Produção, coube ainda indagar o operador em busca de novas melhorias, métodos e processos utilizados. Todos os dados obtidos foram analisados, e

transformados em melhorias ao final do projeto, se viáveis, e serão mencionados ao final.

A montagem em questão transcorreu sem problemas, ao contrário da montagem anterior, conforme já mencionado. Isso se deve à tratativa do setor de Engenharia responsável por aquele gabarito, que buscou as soluções para problemas que afetaram montagens anteriores.

A peça B apresentou algumas complicações a mais que a peça A. Enquanto que a peça A apenas 1 operador é o responsável pela montagem, na peça B até 4 operadores trabalham durante o processo. Neste caso, para cada operador foi feita uma folha de acompanhamento de tempos, e depois todo o processo seria agrupado.

### 6.2.2 - Medição dos Tempos

Os dados foram obtidos a partir das folhas de acompanhamento preenchidas, como abaixo:

| Folha de Estudo de Processo |                    | Nome: C.T.   | Realizado por: Luis Guilherme                             |        |         | Data: de 14 a 17/07/08 | Hora: _____   | Página: ____/____ |
|-----------------------------|--------------------|--|---|--------|---------|------------------------|---|-------------------|
| Operador (s): Marcus        | Etapas do processo | Elemento de Trabalho   | Recursos / Ferramentas / Movimentação                     | Inicio | Parcial | Valor agregado         | Observações   |                   |
|                             | 1                  | Ajustar contorno no cone p/ assentar no GM                             | Lixadeira pneumática                                      | 06:25  | 00:30   | nav                    | Gap na peça / ajuste fora do GM                           |                   |
|                             | 2                  | Repositionamento   |   | 06:55  | 00:05   | av                     | repositionamento no GM (vale como posicionamento inicial) |                   |
|                             | 3                  | Banheiro   |   | 07:00  | 00:25   | nav                    |   |                   |
|                             | 4                  | Cont. Repositionamento   |   | 07:25  | 00:15   | av                     |   |                   |
|                             | 5                  | Inicio Furação de 2.5mm perfil fechamento e gleagagem 3/32             | Furadeira pneumática tipo pistola, broca de 2.5mm, ma     | 07:40  | 00:20   | av                     |   |                   |
|                             | 6                  | Parada Café  |   | 08:00  | 00:16   | nav                    |   |                   |
|                             | 7                  | Cont. Posicionamento Moldura Tampinhas (x4)                            | Furadeira pneumática tipo pistola, broca de 2.5mm, ma     | 08:16  | 00:23   | av                     |   |                   |
|                             | 8                  | Buscar paquimetro  |   | 08:39  | 00:02   | nav                    |   |                   |
|                             | 9                  | Posicionar cintas de metalização                                       | Broca de 2.5mm, pinça, furadeira angular (Z), cabo com    | 08:41  | 00:16   | av                     |   |                   |
|                             | 10                 | Procurar gleco   |   | 08:57  | 00:02   | nav                    | Faltou gleco  |                   |
|                             | 11                 | Cont. Posicionamento Metalização                                       |   | 08:59  | 00:08   | av                     |   |                   |
|                             | 12                 | Buscar barbante / arame  |   | 09:07  | 00:01   | nav                    | p/ posicionar cinta (ida ao kanban)                       |                   |
|                             | 13                 | Cont. Posicionamento Metalização (pos. cinta)                          |   | 09:08  | 00:06   | av                     | não tem ferramental próprio                               |                   |
|                             | 14                 | Cont. Posicionamento (agora com 2 operadores) - furação cintas e ponta | Broca de 2.5mm, pinça, furadeira angular (Z), cabo com    | 09:14  | 00:18   | av                     | furação das cintas e ponta, e gleagagem                   |                   |
|                             | 15                 | Procurar gleco / 1 operador fazendo furação                            |   | 09:32  | 00:01   | av                     | Faltou gleco novamente                                    |                   |
|                             | 16                 | Cont. 2 operadores   |   | 09:33  | 00:07   | av                     |   |                   |
|                             | 17                 | Parada banheiro  |   | 09:40  | 00:12   | nav                    |   |                   |
|                             | 18                 | Furação (alargar p/ 3.3mm)   | pistola, broca de 3.3mm, alicate de gleco, gleco de 1/8   | 09:52  | 00:05   | av                     | Alargar Perfil, Ferragens, Ponta, Cintas e Molduras       |                   |
|                             | 19                 | Visualizar desenho   |   | 09:57  | 00:03   | nav                    |   |                   |
|                             | 20                 | Furação (cont.)  |   | 10:00  | 00:09   | av                     |   |                   |
|                             | 21                 | Alargar p/ 1/8   | pistola, broca de 3.3mm, alicate de gleco, gleco de 1/8   | 10:09  | 00:20   | av                     | Alargar Perfil, Ferragens, Ponta, Cintas e Molduras       |                   |
|                             | 22                 | Buscar gleco 1/8   |   | 10:29  | 00:01   | nav                    |   |                   |
|                             | 23                 | Posicionar glecos  |   | 10:30  | 00:09   | av                     |   |                   |
|                             | 24                 | Furação (cont.)  |   | 10:39  | 00:03   | av                     |   |                   |
|                             | 25                 | Retirar gleco / Furação (cont.)  |   | 10:42  | 00:21   | av                     |   |                   |
|                             | 26                 | Parada   |   | 11:03  | 00:13   | nav                    |   |                   |
|                             | 27                 | Mapear Escareado (região moldura/perfil)                               |   | 11:16  | 00:09   | nav                    | consultar indicação conforme desenho                      |                   |
|                             | 28                 | Pegar escareador   | escareador 1/8, corpo micrométrico, furadeira pistola, at | 11:25  | 00:01   | nav                    |   |                   |
|                             | 29                 | COP  |   | 11:26  | 00:13   | av                     |   |                   |
|                             | 30                 | Escareado  |   | 11:39  | 00:16   | av                     |   |                   |
|                             | 31                 | Almoço   |   | 11:55  | 00:55   |                        |   |                   |
|                             | 32                 | Escareado  |   | 12:50  | 00:18   | av                     |   |                   |

Figura 6.8 – Folha de Acompanhamento de Processos preenchida

Nela, constam as informações relativas à atividade desempenhada (ou elemento de trabalho), os recursos e ferramentas utilizados, e a tomada de tempo, onde o cronometrista precisa marcar apenas o início de cada montagem. Há ainda um espaço para a marcação de demais informações, que o marcador julgar serem importantes. Além do cabeçalho padrão, com todas as informações referentes a essa medição.

### **6.2.3 - Controle da Movimentação**

Nela, a pessoa responsável pela anotação marcou todos os movimentos que o operador realizou, visualmente. Ela também marcou a quantidade de vezes das movimentações que estão representadas no gráfico, pois com o acúmulo de linhas, ficará impossível se visualizar graficamente a quantidade de idas e vindas. A partir desta anotação, será possível o cálculo de distância em metros percorrida pelo operador.

Após a montagem, a folha de controle da movimentação ficou da seguinte maneira:

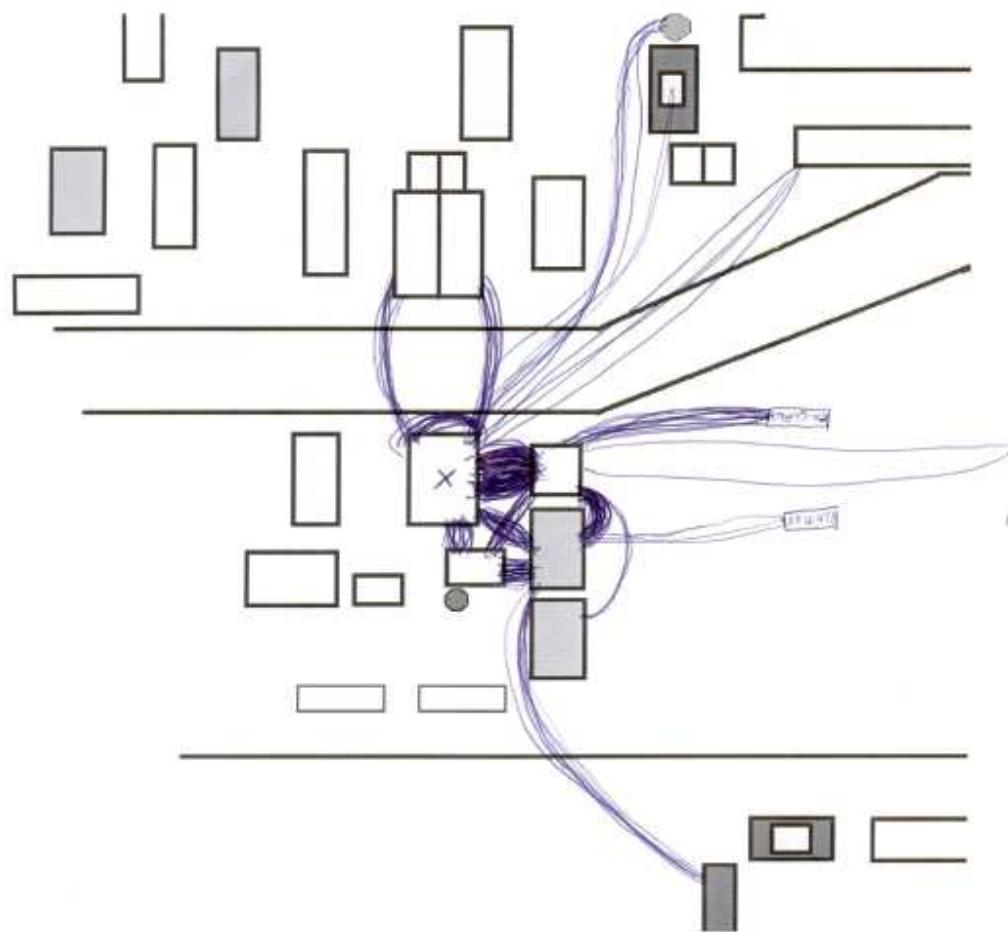


Figura 6.9 – Folha de Controle de Movimentação preenchida para a peça A

Logo, o cálculo total percorrido foi de:

| <b>Posicionamento Antigo</b> |    | Qtde. | Distância (m) | x   | Total |
|------------------------------|----|-------|---------------|-----|-------|
| Descrição da Movimentação    |    |       |               |     |       |
| GM - Kit                     | 13 | 5     | 2             | 130 |       |
| GM - Caixa de Glecos         | 11 | 8     | 2             | 176 |       |
| GM - Bancada 1               | 67 | 1     | 2             | 134 |       |
| GM - Bancada 2               | 15 | 1,5   | 2             | 45  |       |
| Bancada 1 - Bancada 2        | 30 | 1     | 2             | 60  |       |
| MIPP                         | 4  | 12    | 2             | 96  |       |
| GM - Micro                   | 1  | 7     | 2             | 14  |       |
| Bancada 1 - Caixa (+ perto)  | 13 | 0,5   | 2             | 13  |       |
| 1 lado GM - Outro lado GM    | 18 | 1     | 1             | 18  |       |
| GM - Caixa                   | 15 | 1,5   | 2             | 45  |       |
| Bancada 1 - Caixa            | 12 | 1,5   | 2             | 36  |       |
| Bancada 2 - Caixa            | 22 | 1     | 2             | 44  |       |
| Bancada 1 - Bancada 3        | 4  | 2     | 2             | 16  |       |
| Buscar paquímetro            | 1  | 26    | 2             | 52  |       |
| GM - Ligar Lâmpada           | 2  | 7     | 2             | 28  |       |
| Kanban Phenom                | 5  | 20    | 2             | 200 |       |
| PECS                         | 3  | 10    | 2             | 60  |       |
| Pia                          | 2  | 9     | 2             | 36  |       |
|                              |    |       |               |     | 1203  |

Tabela 6.2 – Cálculo da Quantidade metros percorrida pelo operador

Portanto, o operador percorreu mais de 1200 metros para fabricar a peça. Isso porque grande parte dos recursos se encontrava muito distante, geralmente longe do alcance das mãos do mesmo. Esses dados serão a base do planejamento de layout.

No caso da Peça B, optou-se por não realizar o Gráfico de Movimentação, visto que eram muitos os operadores trabalhando ao mesmo tempo (até 4), e a célula é fixa, não é possível realizar grandes alterações na mesma. Logo, de qualquer jeito, os recursos têm que ser colocado em volta do gabarito, tão perto quanto o espaço físico permita. Por isso, a definição do layout para a célula desta peça passa pela distribuição dos recursos dentro da mesma.

## 6.3 - Pós-Montagem

### 6.3.1 – Trabalho Padronizado

A partir dos dados coletados, iniciou-se a preparação do trabalho padronizado e a régua do tempo. Como já mencionado neste trabalho, não existia sequer roteiro de montagem para esta peça, então toda a definição de atividades teve que ser criada a partir do acompanhamento da montagem, realizado por um montador experiente.

Os dados foram coletados, e resultaram nas seguintes informações iniciais:

|               | <b>Tempo de Ciclo</b> | <b>HH utilizado</b> | <b>Dias de Trabalho</b> | <b>Operadores</b> |
|---------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| <b>Peça A</b> | <b>30 h</b>           | <b>30 h</b>         | <b>5</b>                | <b>1</b>          |
| <b>Peça B</b> | <b>102 h</b>          | <b>226 h</b>        | <b>9</b>                | <b>1-4</b>        |

Tabela 6.3 – Dados obtidos através da medição das Peças A e B

O primeiro passo foi realizar a classificação de atividades que agregam valor, que não agregam valor, e as que não agregam valor, mas são necessárias (conforme já explicado neste trabalho).

|               | <b>AV</b>    | <b>NAV</b>  | <b>NAV, mas necessária</b> | <b>Total</b> |
|---------------|--------------|-------------|----------------------------|--------------|
| <b>Peça A</b> | <b>18 h</b>  | <b>11 h</b> | <b>1 h</b>                 | <b>30 h</b>  |
| <b>Peça B</b> | <b>186 h</b> | <b>30 h</b> | <b>10 h</b>                | <b>226 h</b> |

Tabela 6.4 – Análise de Valor das Peças A e B

### Atividades que Não-Agregam Valor - Peça A

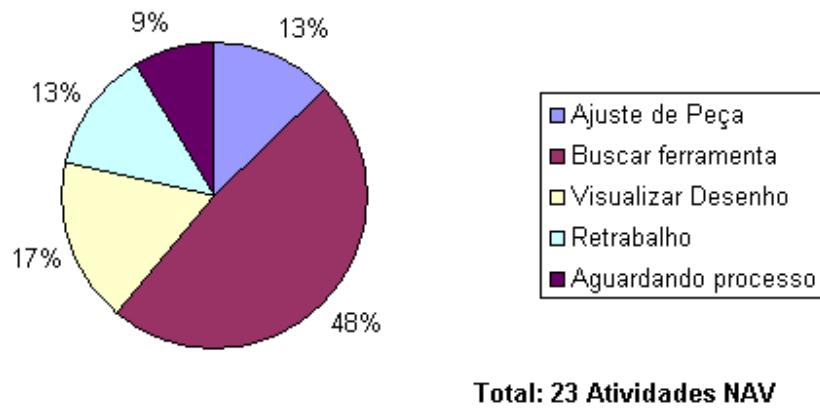


Gráfico 6.1 – Classificação das Atividades que não-agregam valor – Peça A

### Atividades que Não-Agregam Valor - Peça B

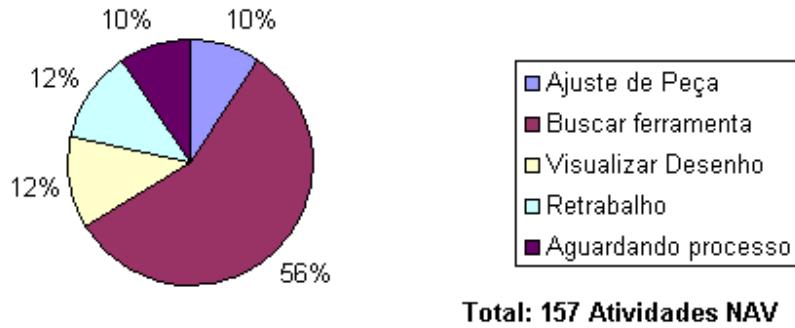


Gráfico 6.2 – Classificação das Atividades que não-agregam valor – Peça A

A partir da separação de apenas as atividades que agregam valor, foi encontrado o passo-a-passo da montagem, se esta ocorresse sem qualquer perda ou parada. As atividades, detalhadas tanto quanto o possível, foram agregadas em atividades macro, de modo a facilitar o trabalho do operador, bem como o acompanhamento do tempo da

atividade, e o gerenciamento pelos superiores. Por exemplo, diversas atividades de furação de uma mesma região, em momentos distintos ou em pontos distintos, foram agregadas em apenas uma operação.

A partir do momento que foi obtido a seqüência lógica de montagem da peça, com as atividades macro já posicionadas conforme a anotação de montagem, este primeiro trabalho foi levado à validação com o operador. Algumas sugestões de inversões de atividades, tanto por parte do operador, como por parte da Engenharia, foram sugeridas e aceitas, mudando então o primeiro esboço do trabalho.

Tendo-se então a seqüência definitiva de atividades, agregaram-se a ela as outras informações obtidas durante a montagem: dos tempos, necessários àquelas atividades, e os recursos necessários a cada uma delas. Portanto, têm--se então os dados sobre atividades, tempos e recursos (ferramentas e sub-partes).

O primeiro gráfico a ser realizado foi o de Régua do Tempo, onde a partir das informações do sequenciamento de atividades, e o tempo despendido por cada uma delas, foi elaborado o gráfico como se segue:

Através de um marcador, ou de marcação com caneta, era possível que o próprio operador marcase a atividade em que se encontra, bem como se está em atraso ou em tempo, através da indicação do quadro de tempo.

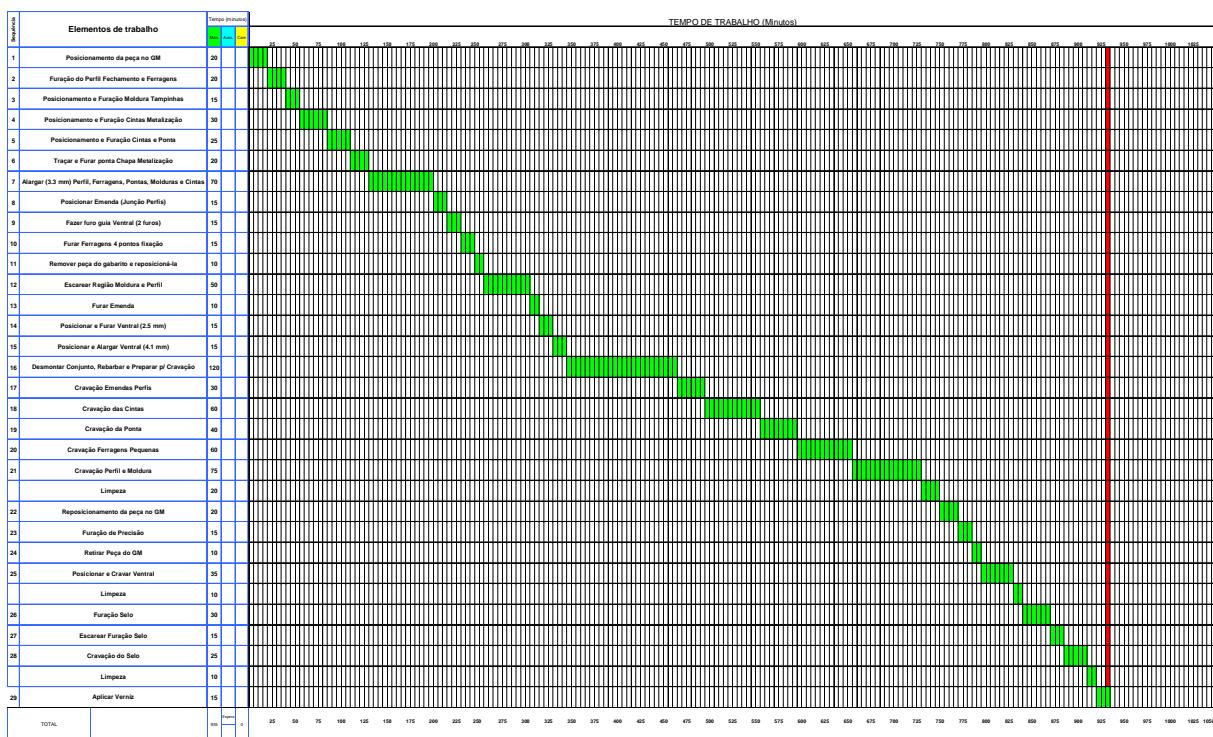


Figura 6.10 – Exemplo de TCTP da Peça A

O próximo trabalho a ser realizado era o do Trabalho Padronizado. Decidiu-se que esta indicação de como realizar o trabalho seria visual, com a indicação da atividade através de uma foto ou desenho, acrescido das informações sobre a seqüência das atividades, e os recursos necessários. Além das fotos tiradas durante a montagem, decidiu-se utilizar desenhos da montagem, obtidos através de software específico da empresa. Uma das folhas de trabalho padronizado realizado está demonstrada a seguir:

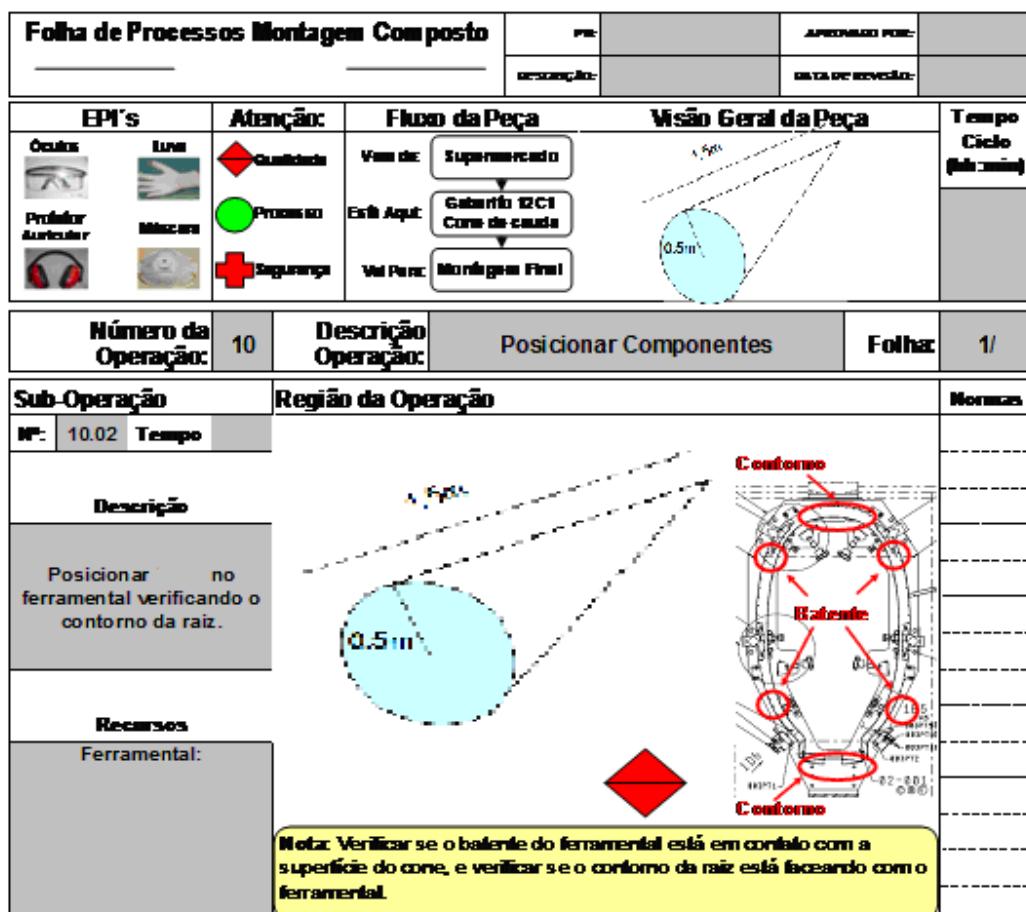


Figura 6.11 – Exemplo de Trabalho Padronizado da peça A

A intenção, com a criação destes documentos, é permitir que qualquer operador, minimamente qualificado, possa realizar a atividade com a ajuda destes gráficos. Ambos os documentos serão utilizados como Auxílio ou Gestão Visual deste gabarito.

### 6.3.1 – Definição do Layout Micro

De posse das seguintes informações:

- Seqüência do Trabalho a ser realizado
- Ferramentas necessárias e suas respectivas bandejas
- Bandejas de itens necessários à montagem

- Cálculo da Movimentação (no caso da peça A)

É possível então definir qual será o layout dentro da célula de cada uma das peças em questão, neste trabalho. A seqüência de atividades será utilizada para se determinar por onde passa cada peça, logo quais itens são necessários no layout.

### Peça A



### Peça B

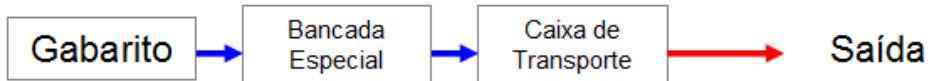


Figura 6.12 – Novo layout da célula da Peça A

No caso da Peça A, ficou definido que são necessários uma bancada, o gabarito e a caixa de transporte. Logo, uma das bancadas presentes no layout antigo pôde ser descartada. No caso da peça B, o necessário já era o que existia na célula.

Definidos os itens presentes em cada layout, pode-se passar ao próximo item. Deve-se definir onde ficarão as ferramentas, bem como os itens de montagem. A peça A tem mais liberdade neste sentido, pois nada (a não ser o gabarito) é fixo, e portanto pode ser movimentado. Logo, se assim for definido, os recursos podem ficar exatamente ao lado do operador, junto ao gabarito. Como isso facilitaria muito o trabalho do operador, ficou decidido que as ferramentas e itens ficariam em suas respectivas bandejas, posicionadas sobre carrinhos, de modo que o operador pudesse trazê-los para perto do gabarito ou da bancada, sem esforço, e tendo os recursos sempre por perto.

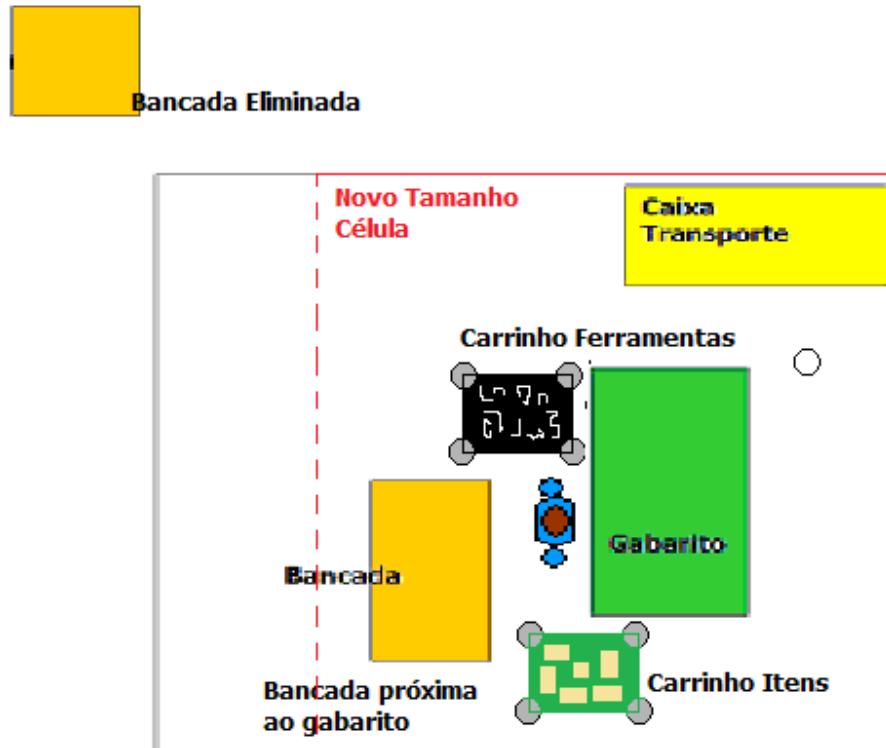


Figura 6.13 – Novo layout da célula da Peça A

Como pode ser visto na figura, o layout reorganizado aproximou todos os recursos do operador (ele pode fixar em um local, e apenas realizar movimentos angulares), e ainda por cima, reduziu em 20% o espaço anterior necessário à montagem.



Figura 6.14 – Bandeja com ferramentas e com itens de montagem, na célula da peça A

No caso da peça B, o gabarito é fixo, bem como as bancadas. Logo, os recursos têm que ser alocados nos pontos presentes. Um dos fatores relevantes para esta decisão (além da preponderante motivação em deixar os recursos próximos), é a rota de abastecimento de itens da logística. A célula da peça B é envolta por 3 corredores, por onde é feita a rota de abastecimento, conforme ilustrado abaixo:

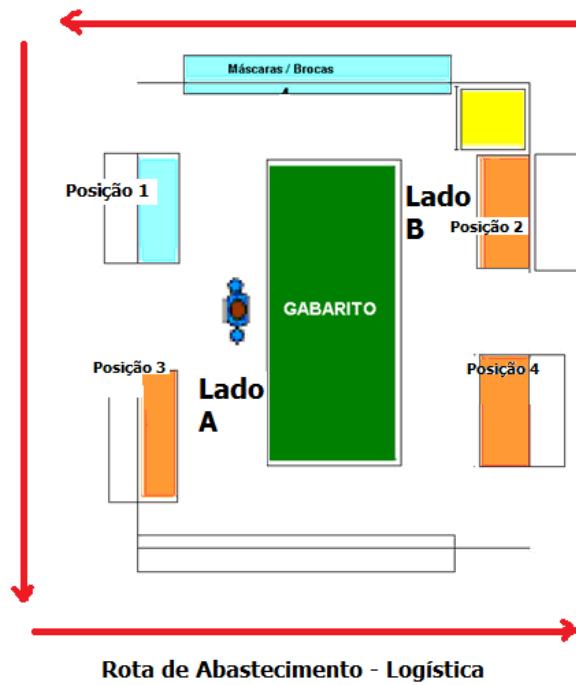


Figura 6.15 – Rota de Abastecimento e posições disponíveis para alocação de recursos na célula da peça B

Portanto, um dos pontos a se considerar, é esta rota de abastecimento de itens. Como se pode ver na mesma figura, o gabarito tem 2 lados de trabalho, identificados como lado A e lado B. Ambos têm ferramentas e partes distintas. Atualmente, um operador por vezes tem que se deslocar de um lado ao outro do gabarito, seja para buscar uma ferramenta ou item, seja para realizar alguma atividade. Para evitar este desperdício de movimentação (e aproveitar a rota de abastecimento), pensou-se em dividir os recursos de cada lado do gabarito, ou seja: as ferramentas e itens

necessários ao lado A, ficariam nas posições próximas a ele, e assim valendo também para o lado B.

Logo, as posições 1 e 3, ficariam para o lado A, e as posições 2 e 4, para o lado B. Em cada lado, uma posição seria para as ferramentas, e a outra para os itens. Para facilitar o transporte de peças pela logística, adotou-se a primeira posição (posição 1) para itens, e a posição 4 também para itens (já que a posição 2 não tem acesso direto pelo corredor).

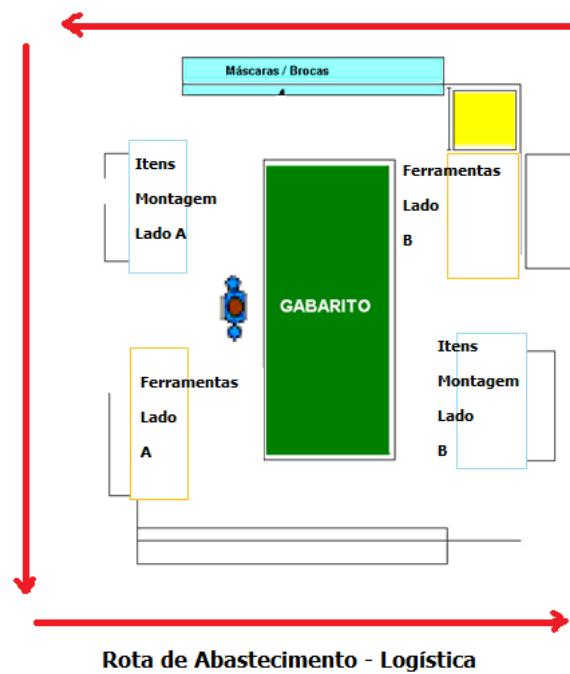


Figura 6.16 – Novo posicionamento na célula da peça B



Figura 6.17 – Ferramentas posicionadas na posição 3 da célula da peça B

#### **6.4 - Conclusão processo**

Durante todo o processo de melhoria, recursos foram realocados, e trazidos para perto do operador; itens de montagem foram tirados de embalagens plásticas, e posicionados ao alcance das mãos dos operadores; ferramentas foram levantadas, e disponibilizadas na área; o layout foi rearranjado, economizando espaço, e facilitando a montagem.

Além de todos esses ganhos mais contáveis, obteve-se ainda o trabalho padronizado, com o claro objetivo de se evitar erros na montagem, e por consequência, gerar atrasos.

A peça A passou por mais uma montagem acompanhada, desta vez validando-se todo o processo feito. O layout foi amplamente aprovado pelos operadores, principalmente pela mobilidade permitida pelos carrinhos, e o posicionamento mais fixo do operador. Já a peça B não teve tempo hábil para ter mais uma montagem acompanhada, entretanto o mesmo trabalho será feito, para que se possam colher os resultados. Entretanto, espera-se que os resultados sejam da mesma ordem, ou até mesmo melhores do que na peça A, já que o número de operadores é maior, e a tendência é de uma diminuição ainda maior das movimentações.

|  | Montagem 1<br>(antes) | Montagem 2<br>(depois) | Redução     |
|--|-----------------------|------------------------|-------------|
| <b>Tempo de Ciclo</b>                          | <b>30 h</b>           | <b>25 h</b>            | <b>17%</b>  |
| <b>Quantidade de Não-Conformidades geradas</b> | <b>2</b>              | <b>0</b>               | <b>100%</b> |
| <b>Tempo AV</b>                                | <b>18 h</b>           | <b>15,5 h</b>          | <b>14%</b>  |
| <b>Tempo NAV</b>                               | <b>11 h</b>           | <b>9 h</b>             | <b>19%</b>  |
| <b>Tempo NAV necessário</b>                    | <b>1 h</b>            | <b>0,5 h</b>           | <b>50%</b>  |
| <b>Operadores</b>                              | <b>1</b>              | <b>1</b>               | <b>-</b>    |

Tabela 6.5 – Resultados obtidos após melhorias na célula da peça A

## **7 – Conclusões**

### **7.1 – Resultados**

Após o processo completo realizado na peça A, e o processo ainda incompleto realizado na peça B, foi possível analisar alguns dos resultados obtidos.

Na peça A, houve redução em todos os fatores medidos. Houve redução de tempo de ciclo, passando de quase 5 dias de montagem, para apenas 2 dias. Isso graças à redução obtida nas atividades que não-agregam valor, perdas não-toleradas pela Teoria da Manufatura Enxuta. Mas um ponto interessante, é que também foi reduzido o tempo das atividades que agregam valor, ou seja, foram aperfeiçoadas as técnicas, o que permitiu este ganho. Parte desta melhoria se deve à introdução do trabalho padronizado, que além de ser um meio de informação ao operador, também definiu a melhor maneira de se realizar determinada atividade, reunindo ali conhecimentos tanto da produção, como da engenharia e qualidade. Não apenas foi mostrado como fazer, mas sim como fazer da melhor maneira.

Outro ponto importante que colabora para a adoção do trabalho padronizado foi a não-ocorrência de não-conformidades durante a segunda montagem. Como visto na busca das causas-raízes, a informação errada por parte do operador, era uma das maiores causas de erros cometidos pelos mesmos. Com a padronização do trabalho, evitam-se erros do gênero.

Mesmo não tendo sido realizada o acompanhamento de uma nova montagem da peça B, é de se esperar que tão bons resultados possam se repetir, pois todos os esforços foram direcionados na mesma direção.

Passando-se às melhorias não-quantitativas, tem-se o re-arranjo do layout de ambas as células. Foi modificado o posicionamento dos itens dentro do que se

convencionou chamar de “célula” de cada peça. Recursos foram levantados e trazidos para perto de cada gabarito. As constantes idas e vindas dos operadores dentro da área, e entre áreas, foram substituídas por movimentos para os lados, para alcançar, com as mãos, uma ferramenta que está disponível ao seu lado.

Melhorias como essas, não são quantitativamente mensuráveis, seus ganhos se diluem dentro da redução de ciclo. Entretanto, principalmente para os operadores, as pessoas que trabalham na linha de frente, essas são as melhorias mais significativas, pois facilitam em muito seu trabalho, e demonstra-se a importância que essas pessoas têm para a empresa.

O principal objetivo deste trabalho é evitar atrasos na entrega de peças, reduzindo o seu tempo de ciclo de fabricação. Isso é o que foi buscado, e até então conseguido. Esta redução, conforme o esperado, não será suficiente para atender a demanda. Por isso, uma das soluções adicionais a serem implementadas é a aquisição e criação de mais gabaritos para estas peças. No caso da peça B, serão necessários mais 2 gabaritos, que já foram pedidos.

Entretanto, não se pode enganar com a solução fácil de somente acrescentar gabaritos à área, até atingir o ponto ideal. De nada adianta vários gabaritos, se eles estão longe de produzir com eficiência. São preferíveis células enxutas, como as que foram projetadas neste trabalho, e deste modo então, replicar as células, para deste modo atender à demanda. Além da redução do tempo de entrega, custos serão reduzidos, melhorando a saúde financeira da empresa.

## 7.2 – Próximos trabalhos

O objetivo com a conclusão deste trabalho, é a partir de agora finalizar a melhoria na Peça B. Uma nova montagem deve ser acompanhada, validando-se os ganhos esperados. Sendo a peça mais complicada da área, espera-se que a maioria dos percalços que pudessem acontecer, tenham acontecido com esta peça. Assim, fique preparado para quando ocorrer algo semelhante novamente.

A área possui mais de 50 peças de grande porte, feitas com auxílio de um gabarito, como as que foram tema deste trabalho. A partir da definição da criticidade dos processos destas peças, deve-se definir um cronograma, um plano de ação para envolver também estas peças, no processo de melhoria. Há de ser levado em conta também o número de pessoas envolvidas, pois cada caso é um caso, e o número de pessoas exigido pode variar significativamente.

Como o próprio termo “Kaizen” diz, a melhoria deve ser contínua. Sempre há algo a melhorar, sempre haverá algum ponto a se ganhar. Por isso, este trabalho não tem fim, e sim uma busca incessante, cada vez mais pela perfeição nos processos da área.

## **8 – Referências Bibliográficas**

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. Administração da Produção para a vantagem competitiva. 4. Ed. São Paulo: Instituto Iman, 1992.

IMAI, M. Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Tradução de Eduardo Schaan. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 5. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

ROTHER M., SHOOK J. Aprendendo a Enxergar (Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício). São Paulo: v. 1.3, 2003.

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1997.

THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. Kaizen for the shopfloor. 1. Ed. Portland: Productivity Press, 2002.

MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 1. Ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

FRANCISCHINI, P. G. Estudo de Tempos e Métodos. São Paulo: Epusp, 73 p.  
Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção

LEAN INSTITUTE BRAZIL <<http://www.lean.org.br>>