

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
 **AMADEUS COSTA FILHO**

N. CLASS.	M658.5
CUTTER	C837r
ANO/EDIÇÃO	2012

**REDUÇÃO DO *LEAD TIME* E AUMENTO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA  
ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALORES NA PRODUÇÃO DA  
AUTOCLAVE HORIZONTAL DE CAPACIDADE 21 LITROS EM UMA  
MICROEMPRESA**

**Varginha**  
**2012**

**FEPESMIG**

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram nesta busca pela sabedoria, aos meus colegas de classe pelo auxílio nas horas difíceis. A toda a equipe da BS EQUIPAMENTOS que depositaram responsabilidades e desafios que foram de grande importância para minha formação profissional.

Agradeço aos meus pais por toda a atenção e apoio dados a mim durante esta fase de minha vida. Aos meus tios e tias, colegas e professores que me auxiliaram na formação de meu caráter e desenvolvimento acadêmico, moral e profissional.

Tanto nas depressões quanto, nos ricos períodos de crescimento econômico e de prosperidade os Engenheiros, como uma categoria profissional, desempenham um papel singular e paradoxal. São trabalhadores no seio da produção, gerentes na organização e mudança dos processos de trabalho, dirigentes na realização de maior valor agregado a produtos e serviços, ao mesmo tempo em que, como profissionais, estão na direção da produção, do desenvolvimento e da difusão das inovações tecnológicas, produzindo a descoberta dos novos caminhos por onde irá transitar o senso comum da sociedade.

Raul Otávio da Silva Pereira.

## RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de demonstrar a aplicabilidade de ferramentas de Produção Enxuta, especificadamente o Mapeamento do Fluxo de Valores, na redução do *Lead Time* na produção da autoclave horizontal com capacidade de 21 litros em uma Microempresa. Utilizamos os conceitos de Produção Enxuta como base do trabalho, sendo assim, agindo sempre pela simplicidade. Foi através de adequações e ajustes na linha de montagem e de correções dimensionais na estrutura dos insumos e reestruturação de estoque que conseguimos uma redução significativa do *Lead Time* do produto em estudo. O sucesso desta etapa foi conseguido graças ao engajamento de todos os colaboradores e apoiadores deste projeto.

**Palavras-chave:** *Lead Time*, Mapeamento do Fluxo de valores, eficiência produtiva.

## **ABSTRACT**

*This paper aims to demonstrate the applicability of Lean Manufacturing tools, specifically the Stream Mapping Values, reducing the lead time in the production of horizontal autoclave with a capacity of 21 liters in a Microenterprise. We use the concepts of Lean Production based on the work, therefore, always acting for simplicity. It was through adaptations and adjustments on the assembly line and fixes dimensional structure of inputs and restructuring of inventory that we have achieved a significant reduction in the lead time of the product under study. The success of this step has been achieved thanks to the commitment of all employees and supporters of this project.*

**Keywords:** *Lead Time, Value Stream Mapping, productive efficiency.*

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - acoplamento do tubo de silicone ao cotovelo da cuba inox.....	17
Figura 2 - Corte do tubo de silicone .....	18
Figura 3 - Tubos de silicone cortados.....	18
Figura 4 - Tubo de silicone acoplado ao cotovelo da cuba inox .....	19
Figura 5 - Comparativo entre os parafusos 2,9 x 13,0 e 2,9 x 9,5mm.....	20
Figura 6 - Caixa de porta montada .....	20
Figura 7 - Parafuso galvanizado 3/16 x 3” .....	21
Figura 8 - Resistência elétrica acoplada à cuba após alteração dos parafusos .....	22
Figura 9 - Escareamento das portas.....	23
Figura 10 - Escareamento das cubas .....	24
Figura 11 - Comparativo entre os terminais .....	25
Figura 12 - Procedimento de teste .....	26
Figura 13 - Avaria na porta e painel da autoclave devido ao transporte .....	27
Figura 14 - Avaria no pé da autoclave devido ao transporte .....	28
Figura 15 - Comparativo entre os calços.....	28
Figura 16- Embalador colando os adesivos na caixa.....	29
Figura 17 - Nova embalagem .....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Autoclave.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Lead Time .....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Definição de Lead Time.....	10
<b>2.3 Mapeamento do Fluxo de Valor.....</b>	<b>10</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Definição do produto.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valores.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Desenhando o Mapa do Estado atual .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Desenhando o Mapa do Estado Futuro .....</b>	<b>16</b>
<b>4 ADEQUAÇÕES FEITAS NA LINHA DE MONTAGEM .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Redução de tempo na montagem mecânica .....</b>	<b>17</b>
4.1.1 Corte dos tubos de silicone .....	17
4.1.2 Substituição dos parafusos de fixação da caixa de porta .....	19
4.1.3 Substituição dos parafusos de fixação das resistências elétricas .....	20
4.1.4 Escareamento em série das portas e orelhas das cubas.....	22
4.1.5 Posicionamento dos insumos para montagem mecânica .....	24
<b>4.2 Adequações na montagem elétrica e eletrônica .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Adequações no procedimento de teste da autoclave.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Adequações no procedimento de embalagem .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1 Redimensionamento dos calços de apoio do equipamento .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5 Redimensionamento e organização do estoque.....</b>	<b>30</b>
<b>4.6 Demonstrativo dos resultados obtidos.....</b>	<b>31</b>
<b>4.7 Demonstrativo do ganho de produtividade.....</b>	<b>32</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O projeto Redução do *Lead Time* e Aumento da Eficiência Produtiva Através do Mapeamento do Fluxo de Valores na Produção da Autoclave Horizontal de Capacidade 21 Litros em uma Microempresa visa fazer um levantamento do processo produtivo deste equipamento, para avaliarmos as possíveis perdas de tempo e gargalos que diminuem sua eficiência produtiva.

A partir do problema apontado acima propomos a implantação da ferramenta de produção enxuta “Mapeamento do Fluxo de Valores” na microempresa estudada visando uma reorganização do processo produtivo. O primeiro passo foi a avaliação dos desperdícios que entravam a produção da autoclave horizontal com capacidade de 21 litros, tais como: desperdício de tempo com movimentação de operadores, retrabalho, transporte, superprodução e material estocado. Para isso primeiramente fizemos um controle nos tempos de operações de cada etapa do processo e redistribuímos os colaboradores de acordo com a demanda, posteriormente reestruturamos todo o estoque. Outro fator determinante foi a implantação do hábito de fazer determinadas operações em série visando uma maior eficiência produtiva.

Fizemos ajustes em componentes mecânicos, elétricos e na estrutura das embalagens.

Com a aplicação das medidas acima citadas obtivemos um aumento de 61,5% na eficiência produtiva do equipamento em estudo.

Com isso concluímos que a utilização de ferramentas de Produção Enxuta, mais especificadamente o Mapeamento do Fluxo de Valores, é grande eficiência para auxiliar no aumento de produtividade na fabricação de equipamentos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Autoclave

Autoclave é um aparelho utilizado para esterilizar instrumentos através do calor úmido sob pressão. Seu funcionamento baseia-se em colocar água destilada ou deionizada na sua parte inferior e logo acima um tabuleiro (bandejas) com o material a esterilizar, e aquece-se a parte inferior externa da autoclave com o auxílio de resistências elétricas. Autoclaves não necessitam de termômetro para indicar a que temperatura se encontra o vapor de água no seu interior, visto que existe uma relação direta entre a pressão do vapor de água saturado e a temperatura.

### 2.2 Lead Time

Possetti (1999, p. 01) nos fala com muita clareza sobre o *Lead Time*: Tempo decorrido entre a adoção de uma providência e sua concretização (ex.: o tempo havido entre a formulação do pedido e o recebimento da mercadoria correspondente).

#### 2.2.1 Definição de Lead Time

Tempo de ciclo. A redução dos tempos envolvidos no processo de produção é importante para aumentar a flexibilidade da empresa em relação ao seu concorrente. Utiliza-se para o ciclo produtivo (*Lead Time* de Produção), para o ciclo de pedido (*Lead Time* do Pedido) e para o ciclo total da operação logística (*Lead Time* de Ressuprimento) sendo entendido como o tempo de compra mais o tempo de transporte. O *Lead Time* Logístico ou Tempo de Ciclo Total é o tempo decorrido desde a emissão de uma ordem a um fornecedor até o atendimento da ordem do cliente final. Também, chamado de Tempo de Resposta, para designar o tempo compreendido entre o início da primeira atividade até a conclusão da última, em uma série de atividades. (POSSETI, 1999)

### 2.3 Mapeamento do Fluxo de Valor

Visando que a nossa ferramenta de trabalho será o Mapeamento do Fluxo de Valores, Rother e Shook (1999, p. 03) nos descrevem, “considerar a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o quadro mais amplo, não só os processos individuais; melhorar o

todo, não só otimizar as partes. Se você realmente olhar para o todo e percorrer todo o caminho, desde as moléculas até os braços do consumidor [...]” (ROOTHER; SHOOK, 1999, p. 03).

O Mapeamento do Fluxo de Valores é instrumento de grande importância para a redução do “*lead time*” em uma empresa. Rother e Shook (1999, p. 04) nos dizem, porque o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial:

- a) Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, por exemplo, montagem, solda, etc. Você pode enxergar o fluxo.
- b) Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor.
- c) Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.
- d) Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você pode discuti-las. De outro modo, muitos detalhes e decisões no seu chão de fábrica só acontecem por omissão.
- e) Junta conceitos e técnicas enxutas, que o ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente.
- f) Forma a base de um plano de implementação. Ao ajudá-lo a desenhar como o fluxo total de porta a porta deveria operar – uma parte que falta em muitos esforços enxutos – os mapas de fluxo de valor tornam-se referência para a implementação enxuta. Imagine tentar construir uma casa sem planta!
- g) Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Nenhuma outra ferramenta faz isso.

É muito mais útil que ferramentas quantitativas e diagramas de layout que produzem um conjunto de passos que não agregam valor, lead time, distância percorrida, a quantidade de estoque, e assim por diante. O mapa do fluxo de valor é uma ferramenta qualitativa com a qual você descreve em detalhe como a sua unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo. Números são bons para criar um senso de urgência ou como medidas e comparações antes/depois. O mapeamento do fluxo de valor é bom para descrever o que você realmente irá fazer para chegar a esses números (ROOTHER; SHOOK, 1999, p. 04).

Segundo Gonçalves (2012, p. 02), “o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM: Value Stream Mapping) é uma ferramenta de diagnóstico que permite compreender o estado atual de funcionamento de sistemas produtivos por meio do levantamento de materiais e de

informações que acontecem na organização, desde o recebimento da matéria prima até a entrega do produto acabado.

O objetivo principal é estudar todas as operações, identificar aquelas que agregam valor ou não ao produto, visando à eliminação de desperdícios através do combate às suas principais, cujos principais efeitos são tempos de espera excessivos, fluxos e estoques desnecessários, etc.

Assim, o VSM:

- Permite a visualização do fluxo de materiais e informação;
- Auxilia na identificação e eliminação dos desperdícios e suas principais fontes;
- Permite a identificação de ações de melhoria na fábrica e no fluxo de valor;
- Estabelece uma metodologia representativa de avaliação de processos.”

Gonçalves (2012, p. 02) nos fala sobre a finalidade do Mapeamento do Fluxo de Valor: O VSM é basicamente, uma ferramenta de planejamento que serve para:

- Identificar desperdícios;
- Conceber soluções para os eliminar;
- Comunicar os conceitos Lean.

A filosofia Lean é de grande importância na redução de lead time em uma empresa, Gonçalves (2012, p. 02) nos fala, “Dois valores fundamentais da filosofia Lean são:

- Definição de valor;
- Fluxo de valor.

Entender como o valor flui através dos processos internos de uma Organização é realmente uma tarefa bastante interessante e que exige dedicação e atenção.

Toda empresa gera algum valor aos seus clientes. O Lean busca entender o que é o valor gerado, e como os processos ocorrem de maneira a agregar esse valor nos bens ou serviços que a Organização agrega.

De certa forma podemos começar a eliminar todos os desperdícios que encontramos pela frente. No entanto, os esforços trarão enorme reconhecimento e resultado, se forem

coordenados de maneira que eles sejam holisticamente eliminados, ou seja, os desperdícios maiores, que estão presentes sistemicamente nas fases operacionais das Organizações.

Para facilitar este processo de identificação e fluxo de valor, foi criada uma ferramenta chamada Mapa do Fluxo de Valor, cujo principal objetivo é o de mapear como o valor e os processos estão interligados ao longo do percurso no entremeio das Organizações.

Diferentemente do mapa de processo, o mapa do fluxo de valor, ou VSM (Value Stream Map) para os mais íntimos, não visa explicar os processos, mais sim como o valor ocorre nos entremeios do processo, e sua simbologia representa desperdícios e as características fundamentais para as atividades de eliminação dos desperdícios.” (GONÇALVES, 2012, p. 02).

### 3 PROCEDIMENTOS

Para a realização deste trabalho o primeiro passo foi fazer uma análise visual no chão de fábrica de todas as operações relacionadas à linha de montagem do equipamento em estudo, foram horas e mais horas acompanhando desde a fixação de um simples parafuso até o ajuste fino e teste final do produto acabado. Para cada procedimento executado foram feitas anotações das particularidades do processo.

Após esta análise foi feita uma reunião com o orientador do projeto e especialistas deste assunto que atuam em nossa região, onde foram definidas as diretrizes deste trabalho.

Posteriormente foi feita a revisão bibliográfica para nos ajudar a identificar quais ferramentas poderiam ser utilizadas para auxiliar no combate ao desperdício e consequentemente aos entraves da produção do equipamento em estudo.

Optamos pelas ferramentas de Produção Enxuta, mais especificadamente o “Mapeamento do Fluxo de Valores,” visando diminuir o “*Lead Time*” na fabricação do equipamento em estudo.

#### 3.1 Definição do produto

O primeiro passo a ser definido para o Mapeamento do Fluxo de Valores é a escolha do equipamento a ser estudado, Rother e Shook (1999, p. 06) nos fala, “Selecionando uma família de produtos: um ponto a ser entendido claramente antes de começar é a necessidade de focalizar uma família de produtos. Seus consumidores preocupam-se com produtos específicos, não com todos os seus produtos. Então você irá mapear tudo o que existe no chão de fábrica.

Mapear o fluxo de valor significa andar pela fábrica e desenhar as etapas do processamento (material e informação) para uma família de produtos, de porta-a-porta na sua planta. Identifique a sua família de produtos a partir do laudo consumidor do fluxo de valor. Uma família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos anteriores.

Para fugir das ilhas isoladas de funcionalidade, você precisa de uma pessoa com a responsabilidade pelo entendimento do fluxo de valor de uma família de produtos e por sua melhoria. Nós chamamos essa pessoa de “Gerente do Fluxo de Valor”, e sugerimos que ela se reporte à pessoa com maior autoridade na unidade produtiva. Desta forma, eles terão o poder necessário para fazer as mudanças acontecer.” (ROTHER e SHOOK, 1999, p. 06).

### 3.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valores

Agora precisaremos desenhar o Mapa do Fluxo de Valores, segundo Rother e Shook (1999, p. 15), “desenhe sempre a mão e a lápis: desenhar a mão pode ser feito sem demora, enquanto você está no chão de fábrica. Conforme você desenha, surgirá a necessidade de informações adicionais. Desenhar a mão significa que você mesmo irá fazê-lo, o que é fundamental para entender os fluxos de material e informação. Desenhar a mão significa que você concentrará no entendimento do fluxo, ao invés de se preocupar em como utilizar o computador. O objetivo de mapear o fluxo de valor não é o mapa em si, mas entender o fluxo de informação e de material. Tendo que consertar manualmente os erros no seu desenho refinará suas habilidades de mapeamento. Mantenha uma borracha disponível”. (ROTHER e SHOOK, 1999, p. 15).

### 3.3 Desenhando o Mapa do Estado atual

No Mapeamento do Fluxo de Valores é de fundamental importância que façamos o Mapa do Estado Atual, segundo Rother e Shook (1999, p. 13) “Assim que você enxergar o fluxo completo na fábrica, você pode mudar o nível de amplitude: focalizando para mapear cada etapa individual em um tipo de processo o ampliando para abarcar o fluxo de valor externo à sua planta”. (ROTHER e SHOOK, 1999, p. 13).

Algumas dicas para o mapeamento:

- Sempre colete as informações no estado atual enquanto você mesmo caminha diretamente junto aos fluxos reais de material e de informação.
- Comece uma rápida caminhada por todo o fluxo de valor “porta à porta” para obter uma compreensão do fluxo e da sequência dos processos. Depois desta rápida caminhada, volte e reúna as informações de cada um dos processos.
- Comece pela expedição final e em seguida nos processos anteriores, ao invés de começar pela área de recebimento de materiais e andar pelos fluxos posteriores. Desta forma, você começará pelos processos que estão mais diretamente ligados ao consumidor, o que deveria definir o ritmo para os processos anteriores.
- Traga o seu próprio cronômetro e não se baseie em tempos padrão ou informações que você não obtiver pessoalmente. Números de um arquivo raramente refletem a realidade atual. Os dados de arquivo podem refletir uma época em que tudo estava

ocorrendo bem. Sua habilidade para vislumbrar um estado futuro depende particularmente de ir até onde as coisas acontecem e entender e cronometrar o que está acontecendo.

- Mapeie você mesmo o fluxo completo de valor, mesmo que muitas pessoas estejam envolvidas. Entender o fluxo por inteiro é o objetivo do mapeamento do fluxo de valor. Se diferentes pessoas mapearem diferentes seguimentos, ninguém entenderá o todo.
- Sempre desenhe a mão e a lápis. Comece com um rascunho simples no chão de fábrica na medida em que você conduz sua análise do estado atual e o refaça mais tarde – novamente a mão e a lápis. Resista à tentação de usar um computador”. (ROTHER e SHOOK, 1999, p. 14).

### **3.4 Desenhando o Mapa do Estado Futuro**

Para alcançarmos os resultados desejados precisamos definir certos parâmetros, para isto devemos construir o Mapa do Estado Futuro, segundo Rother e Shook (1999, p. 57), “o objetivo de mapear o fluxo de valor é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um “estado futuro” que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo. A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio de fluxo contínuo ou puxada, e cada processo se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam.” (ROTHER e SHOOK, 1999, p. 57).



## 4 ADEQUAÇÕES FEITAS NA LINHA DE MONTAGEM

### 4.1 Redução de tempo na montagem mecânica

O primeiro setor que foi submetido a adequações foi o setor de montagem mecânica.

Foram observados muitos entraves na produção, e através de simples correções conseguimos bons resultados e diminuição do *Lead Time* na montagem do equipamento em estudo. Estas correções seguem abaixo.

#### 4.1.1 Corte dos tubos de silicone

Na parte traseira na cuba são acoplados dois tubos de silicone com a finalidade de condução dos vapores oriundos do processo de esterilização da autoclave.

Estes tubos eram acoplados após a montagem do “L” do gabinete, isto causava dificuldade ao operador, pois o espaço de manuseio é muito pequeno. Sendo assim, expondo o operador a risco de corte nas mãos. Outro problema observado neste procedimento foi a falta de padronização no dimensional dos tubos, sem falar no atraso de tempo na montagem devido ao grau de dificuldade do procedimento.

A figura abaixo ilustra como o procedimento era realizado.

Figura 1 - acoplamento do tubo de silicone ao cotovelo da cuba inox



Fonte: o autor

Figura 2 - Corte do tubo de silicone



Fonte: o autor

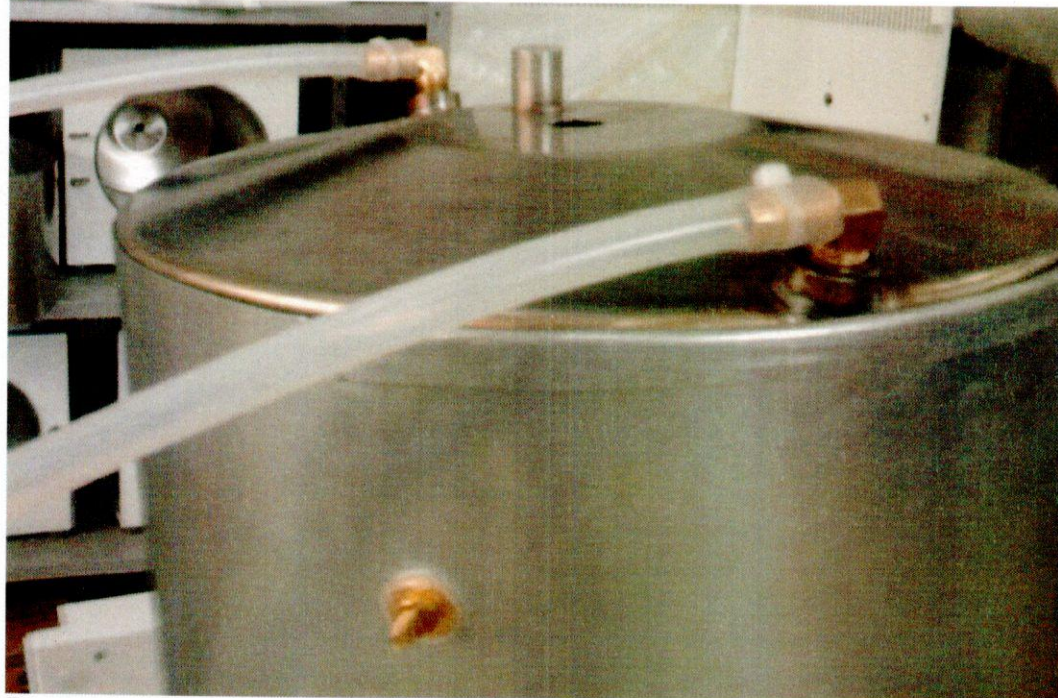
A partir desta observação adotamos o procedimento de cortar os tubos antecipadamente, garantindo assim a padronização dimensional dos mesmos, facilitando o processo de montagem para o operador e principalmente reduzindo o tempo de montagem nesta etapa do processo.

Figura 3 - Tubos de silicone cortados



Fonte: o autor

Figura 4 - Tubo de silicone acoplado ao cotovelo da cuba inox



Fonte: o autor

#### 4.1.2 Substituição dos parafusos de fixação da caixa de porta

Para o fechamento da porta da autoclave é utilizada uma porca de  $\frac{1}{2}$ ", esta porca é acomodada em um dispositivo denominado caixa de porta, e este é fixado à cuba por meio de parafusos.

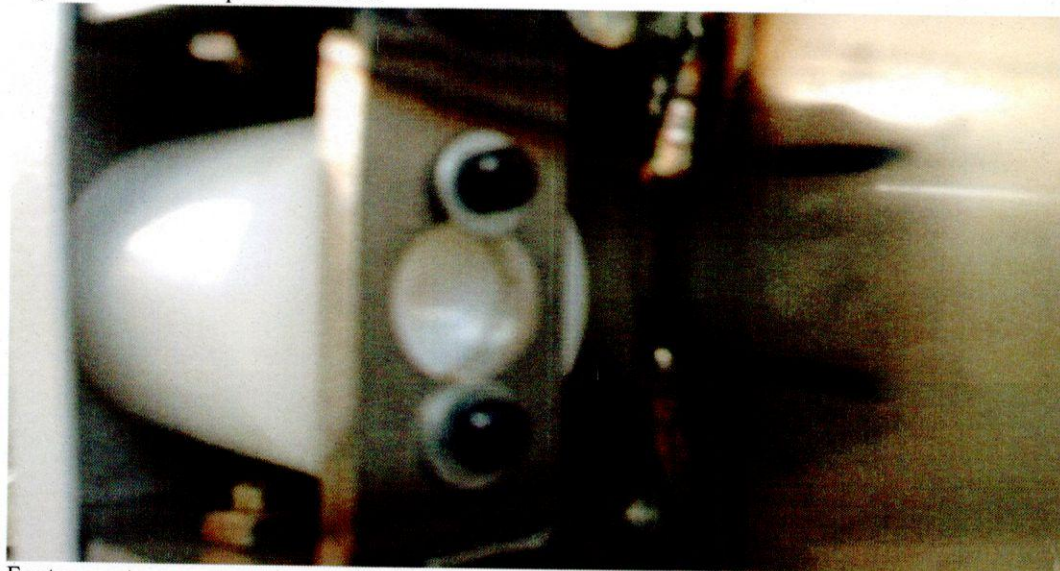
Eram utilizados parafusos de fenda de 2,9 x 13,0mm. Após análise verificamos que o parafuso estava superdimensionado para o conjunto, pois a finalidade destes era basicamente manter o equilíbrio da caixa de porta. Após esta análise adotamos um novo modelo de parafuso, que foi o parafuso Phillips de 2,9 x 9,5mm. Com isso conseguimos um considerável ganho de tempo no procedimento de acoplamento da caixa de porta, sem falar que a fixação do parafuso Phillips é mais fácil do que a do parafuso de fenda e de menor custo devido a sua menor extensão.

Figura 5 - Comparativo entre os parafusos 2,9 x 13,0 e 2,9 x 9,5mm



Fonte: o autor

Figura 6 - Caixa de porta montada

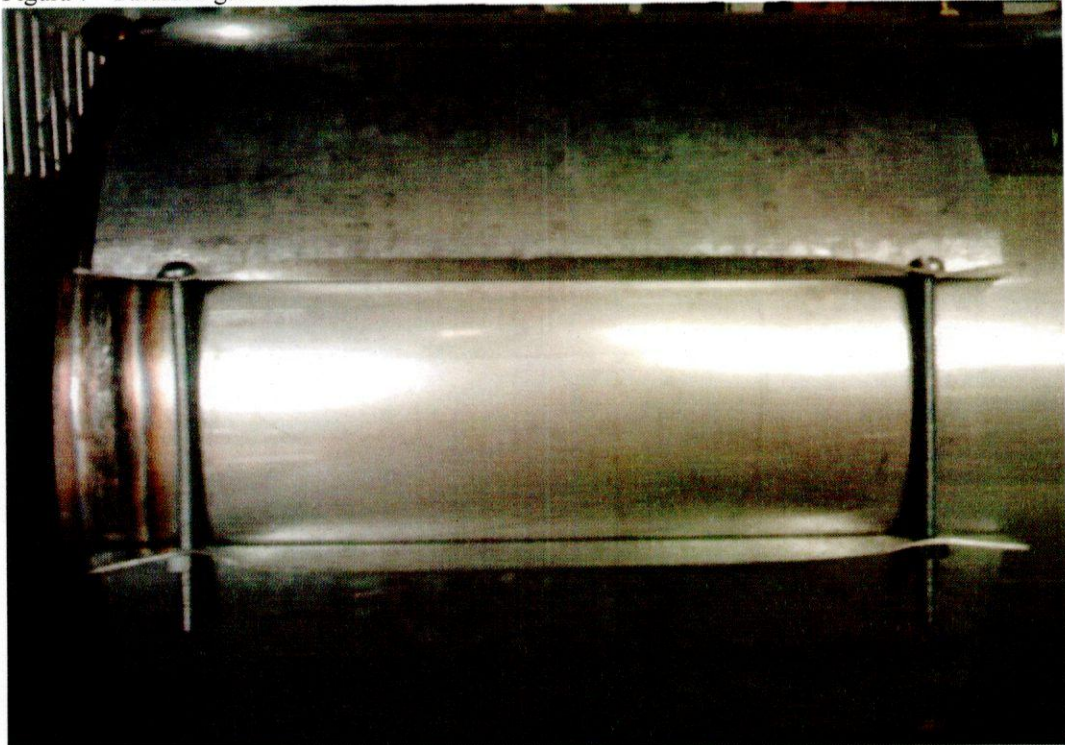


Fonte: o autor

#### 4.1.3 Substituição dos parafusos de fixação das resistências elétricas

Para o acoplamento das resistências elétricas eram utilizados parafusos galvanizados 3/16 x 3" conforme a figura ilustra:

Figura 7 - Parafuso galvanizado 3/16 x 3"



Fonte: o autor

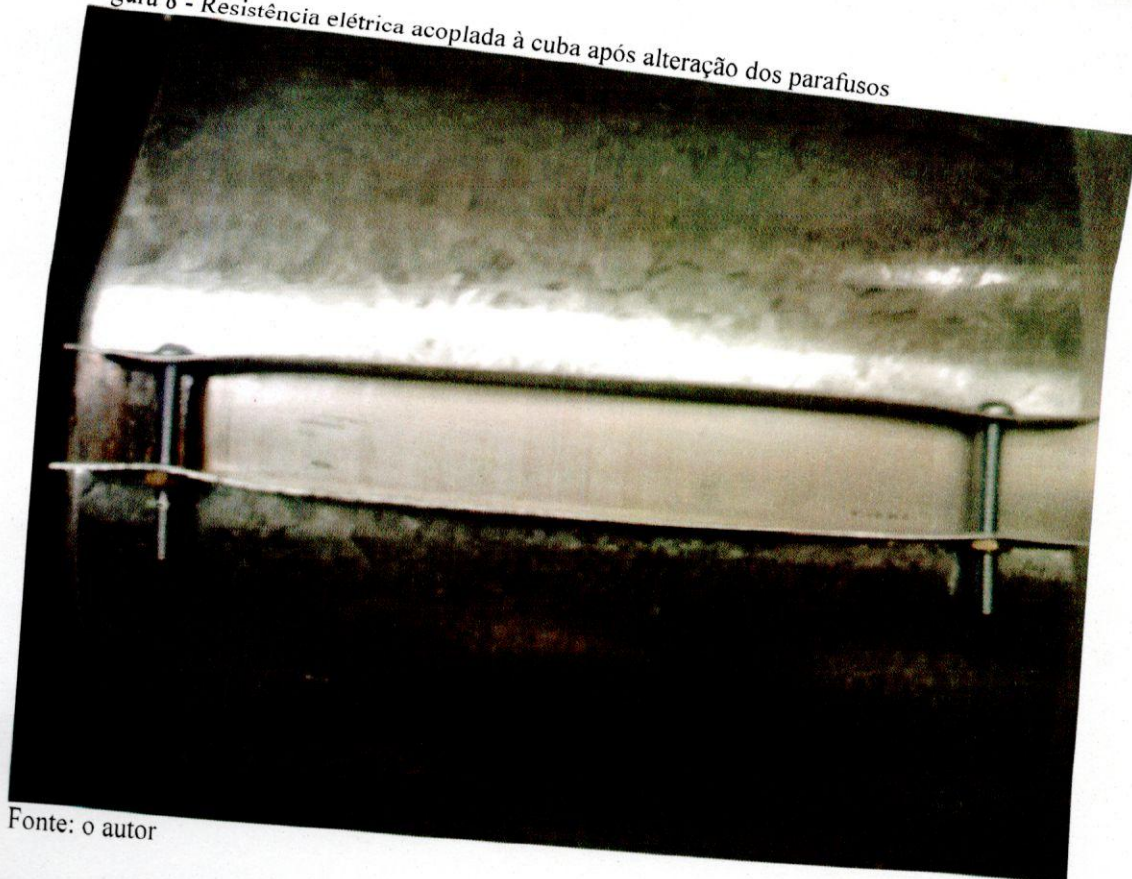
A utilização deste parafuso impactava diretamente no tempo de montagem do equipamento devido ao seu tamanho, sem falar que as resistências ficavam com o acabamento a desejar.

Com isso solicitamos ao fornecedor das resistências que alterasse a coleira da mesma, aumentando o seu corpo para facilitar a fixação das mesmas à cuba.

Após esta correção adotamos o parafuso galvanizado 3/16 x 1,5" facilitando sua instalação e obtendo mais eficiência na montagem e reduzindo os custos de produção devido a termos adotado um parafuso 50% menor para a realização deste procedimento.

A figura abaixo nos mostra como ficou o acoplamento das resistências após a substituição dos parafusos:

Figura 8 - Resistência elétrica acoplada à cuba após alteração dos parafusos



Fonte: o autor

#### 4.1.4 Escareamento em série das portas e orelhas das cubas

O acoplamento do conjunto cuba/porta é realizado por meio de pinos inox e travas RS, porém estes pinos possuem uma variação em seu dimensional. Fazendo-se necessário o escareamento das portas e orelhas das cubas conforme o dimensional do lote de pinos, este procedimento era feito peça a peça. Havia uma perda de tempo com o deslocamento do operador para pegar a furadeira e conferência do dimensional da broca a ser acoplada, visando que este procedimento era feito a cada unidade montada de forma isolada.

Com isso adotamos o escareamento em série destes componentes conforme ilustrado abaixo:

Figura 9 - Escareamento das portas



Fonte: o autor

Figura 10 - Escareamento das cubas



Fonte: o autor

#### 4.1.5 Posicionamento dos insumos para montagem mecânica

Um dos problemas encontrados na empresa em estudo foi a distribuição dos insumos pela fábrica. Verificamos que os montadores do setor de montagem mecânica se deslocavam em excesso para pegar os insumos como: cubas, gabinetes, resistências, portas, discos e anel de vedação.

Devido a isto reconfiguramos todo o estoque dos componentes, fazendo que cada elemento ficasse o mais próximo possível do montador. Com isso obtivemos uma economia no tempo de montagem.

#### 4.2 Adequações na montagem elétrica e eletrônica

A instalação dos componentes elétricos e eletrônicos é de grande importância na manufatura da autoclave, pois neste procedimento estão envolvidos o acoplamento de cabos, sensores de temperatura, sensores de pressão, cabo flat e chicote elétrico. Elementos estes que fazem a manutenção dos parâmetros de funcionamento da autoclave, impactando diretamente na segurança e longevidade do equipamento.



Nesta fase do processo tivemos poucas adequações, foram alteradas basicamente as dimensões dos cabos visando um melhor manuseio do operador.

Outro detalhe que foi corrigido foi a substituição dos terminais tipo garfo para terminais tipo olhal, o motivo desta mudança foi a deficiência que os terminais tipo garfo apresentavam quando submetidos ao torque do aperto junto às resistências, estes espanavam ao serem apertados. Já com os terminais tipo argola este problema não existe e o montador pode fazer seu procedimento livre de imperfeições, ganhando assim tempo ao evitar o retrabalho que existia quando existia a ruptura dos terminais tipo garfo.

A figura nos ilustra os terminais tipo garfo e o novo modelo adotado que o terminal tipo olhal.

Figura 11 - Comparativo entre os terminais



Fonte: o autor

#### **4.3 Adequações no procedimento de teste da autoclave**

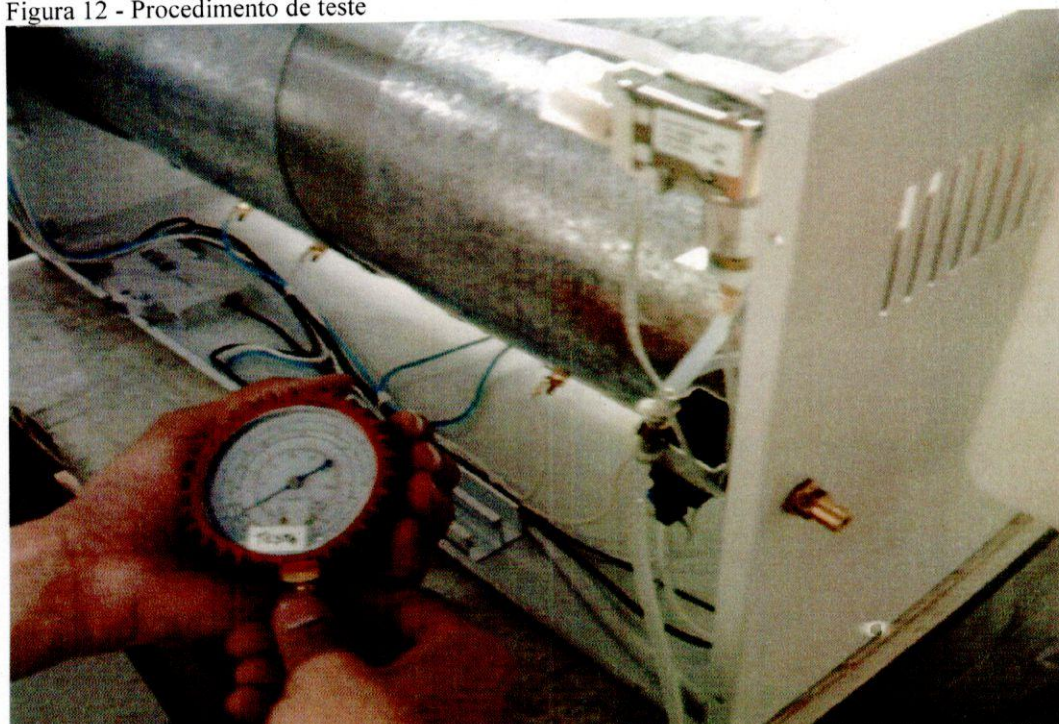
Esta é a parte do processo de manufatura mais demorada, pois envolve o teste de todos os componentes da autoclave. Neste procedimento são monitorados os elementos vitais para uma perfeita esterilização que são a temperatura e pressão de trabalho do equipamento, também são observados no procedimento do teste itens como a descarga de vapor, secagem dos utensílios submetidos à esterilização, funcionamento dos dispositivos de segurança, fechamento e vedação do vaso de pressão, funcionamento dos sensores e condições gerais do equipamento.

Após aprovada toda esta conferência descrita acima a autoclave recebe o acoplamento do “U” que fecha o gabinete do equipamento.

Logo em seguida faz-se o teste final do equipamento já fechado, e ocorrendo tudo na normalidade o aparelho é lacrado e deslocado para o setor de embalagem.

Nesta fase do processo de montagem foi necessário o deslocamento de mais um técnico para nos auxiliar nos testes devido a ser a parte mais demorada do processo, durando em média duas horas por equipamento produzido.

Figura 12 - Procedimento de teste



Fonte: o autor

#### **4.4 Adequações no procedimento de embalagem**

O setor de embalagem é de fundamental importância para o nosso produto, pois é nele que são inseridos os acessórios como bandejas, tubos de silicone para descarga de vapor, Becker graduado, manual de operação do equipamento, laudo do esterilizador e integrador químico que atesta a eficiência da autoclave. Sem falar na acomodação da autoclave na embalagem, fator determinante para a garantia que o equipamento chegue ao consumidor final em perfeitas condições de uso.

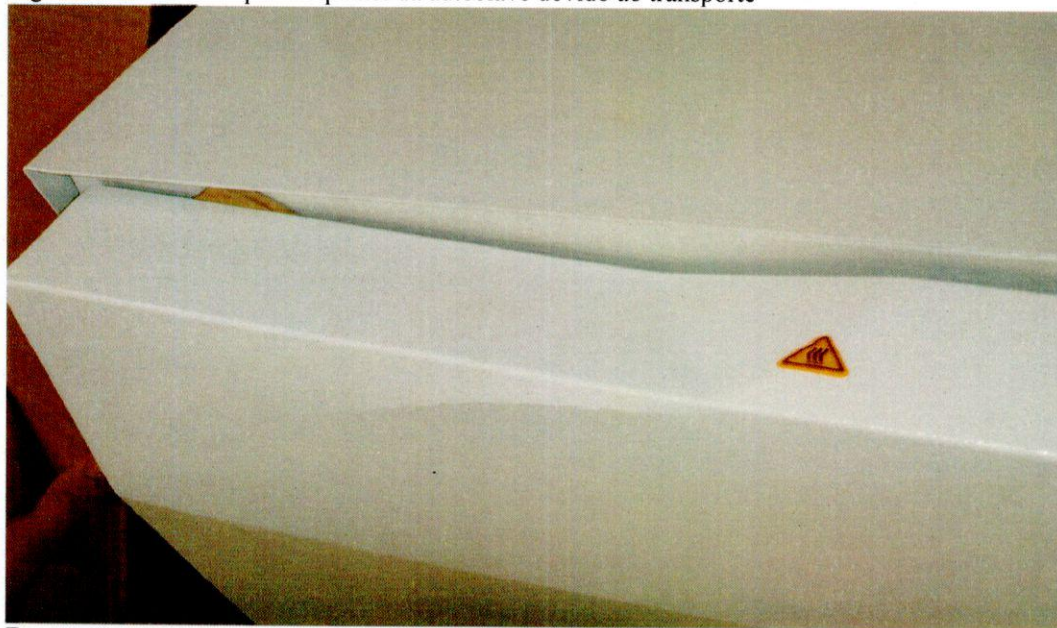
Neste setor foram várias as ações realizadas visando uma maior eficiência produtiva.

#### 4.4.1 Redimensionamento dos calços de apoio do equipamento

Após feitos todos os procedimentos acima descritos, a última operação será a acomodação do equipamento na embalagem.

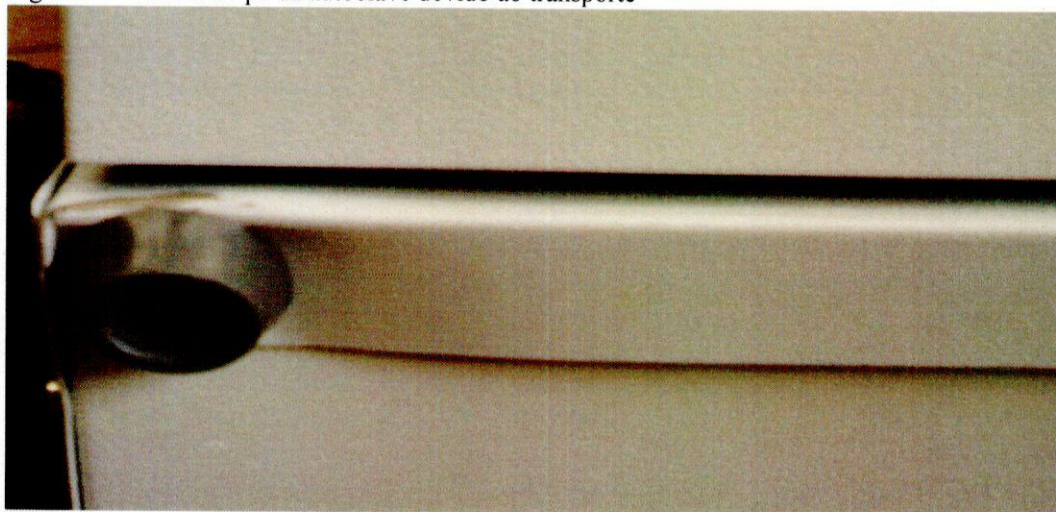
Para o amortecimento dos impactos sofridos durante o transporte utilizamos calços na parte inferior e superior da caixa, porém os calços que estavam sendo utilizados não estavam sendo eficientes e o nível de retorno devido a quebra de equipamento pela transportadora estava alto. Gerando assim retrabalho e despesas adicionais à empresa, sem falar no constrangimento de nosso cliente final. As ilustrações abaixo nos mostram bem o problema relacionado ao transporte:

Figura 13 - Avaria na porta e painel da autoclave devido ao transporte



Fonte: o autor

Figura 14 - Avaria no pé da autoclave devido ao transporte

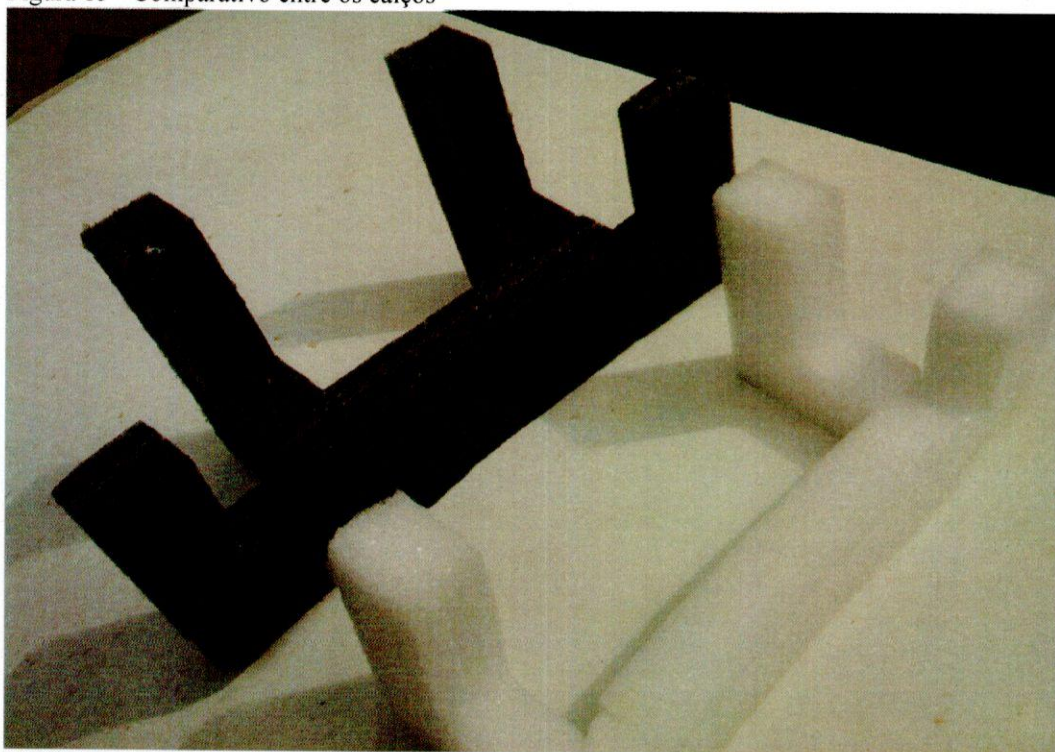


Fonte: o autor

Tínhamos uma média de cinco equipamentos retornando à fábrica a cada mês por motivo de danos sofridos durante o transporte. Isso gerava custos adicionais com a transportadora, atraso e multas por parte de nossos clientes visando que o equipamento não atendia a solicitação na data desejada, sem falar na insatisfação de nosso cliente final.

Para a solução deste problema redimensionamos os calços, visando uma melhor absorção dos impactos oriundos do transporte. A figura abaixo nos mostra a diferença entre o calço antigo (branco) e o novo calço redimensionado (grafite).

Figura 15 - Comparativo entre os calços

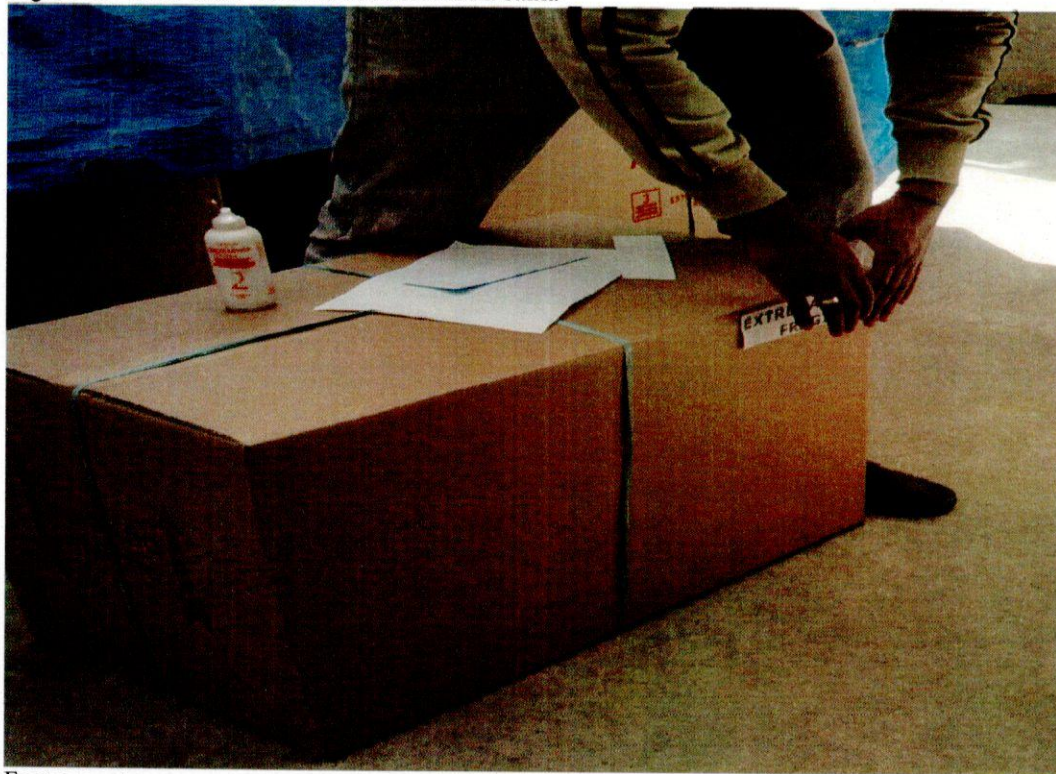


Fonte: o autor

Como redimensionamos os calços, fez-se necessário também o redimensionamento da estrutura da caixa. E para a solução definitiva do problema solicitamos ao fabricante das embalagens que utilizasse como matéria prima o papelão duplex com gramatura de 1125gr/m<sup>2</sup>, o que era utilizado anteriormente possuía a gramatura de 675gr/m<sup>2</sup> e estava mostrando deformações excessivas na estrutura das caixas.

Outra solicitação junto ao fornecedor das caixas foi a estampagem dos avisos e alertas na estrutura das caixas. Pois estes avisos eram acoplados a caixa por meio de adesivos e textos impressos em papel com auxílio de cola branca. Porém desprendia muito tempo do embalador e um custo adicional à empresa. A figura abaixo ilustra como o procedimento era realizado:

Figura 16- Embalador colando os adesivos na caixa



Fonte: o autor

A figura abaixo ilustra a o novo padrão da caixa de papelão:

Figura 17 - Nova embalagem



Fonte: o autor

Com as mudanças e adequações feitas na embalagem o índice de retorno de aparelhos por motivo de transporte cai para zero, viabilizando assim o nosso investimento e obtendo satisfação total de nosso cliente final.

#### **4.5 Redimensionamento e organização do estoque**

Devido a várias medidas tomadas visando uma maior eficiência produtiva fez-se necessário uma reestruturação no estoque. Existiam alguns componentes em excesso, outros muitas das vezes faltavam, encontramos também componentes já fora de linha ocupando espaço no estoque e certa falta de controle do mesmo.

Com isso o primeiro passo foi a contagem de todos os componentes utilizados na linha de montagem do equipamento em estudo, posteriormente relacionamos os fornecedores com os prazos de entrega estipulados por cada um.

A partir deste ponto conseguimos nos orientar melhor e evitar a falta de componentes para montagem, otimizando nosso processo produtivo e evitando a parada de nossos colaboradores e contribuindo para a redução dos custos por peça produzida.

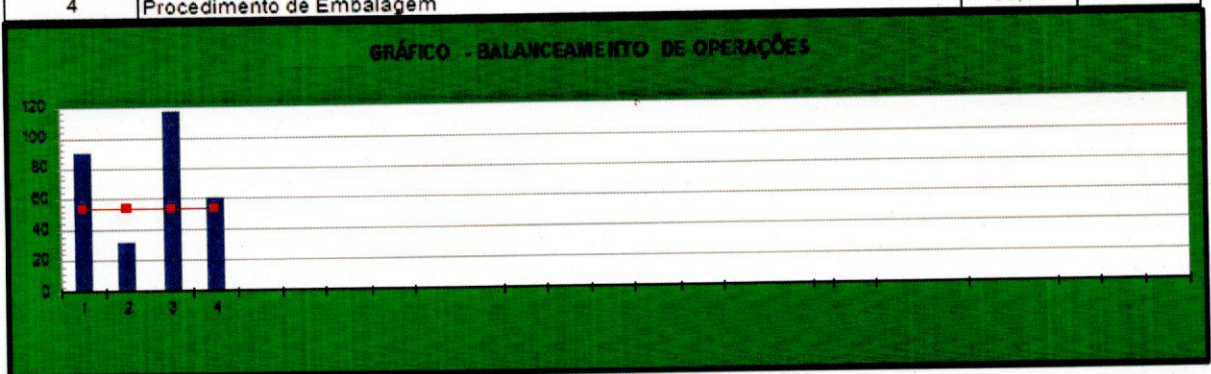
#### 4.6 Demonstrativo dos resultados obtidos

Os dados abaixo nos demonstram os resultados obtidos com este estudo.

A figura nos ilustra a situação da empresa antes das adequações feitas utilizando Ferramentas de Produção Enxuta.

Gráfico 1 - Primeiro balanceamento de linha

Nº	DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	T / PÇ	Operadores
1	Montagem Mecânica	91,00	3
2	Montagem Elétrica	32,00	1
3	Procedimento de Testes	118,00	1
4	Procedimento de Embalagem	60,00	1

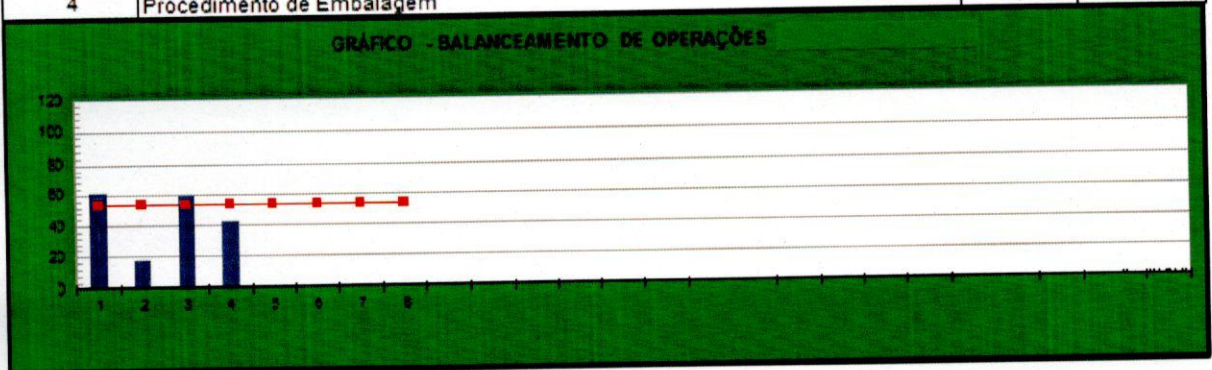


Fonte: o autor

Como observamos a linha de montagem estava bastante desbalanceada no setor 1 e 3, após todas as correções e adequações feitas acima descritas com seguimos o seguinte resultado:

Gráfico 2 - Balanceamento atual da linha de montagem

Nº	DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	T / PÇ	Operadores
1	Montagem Mecânica	61,00	2
2	Montagem Elétrica	18,00	1
3	Procedimento de Testes	59,00	2
4	Procedimento de Embalagem	43,00	1



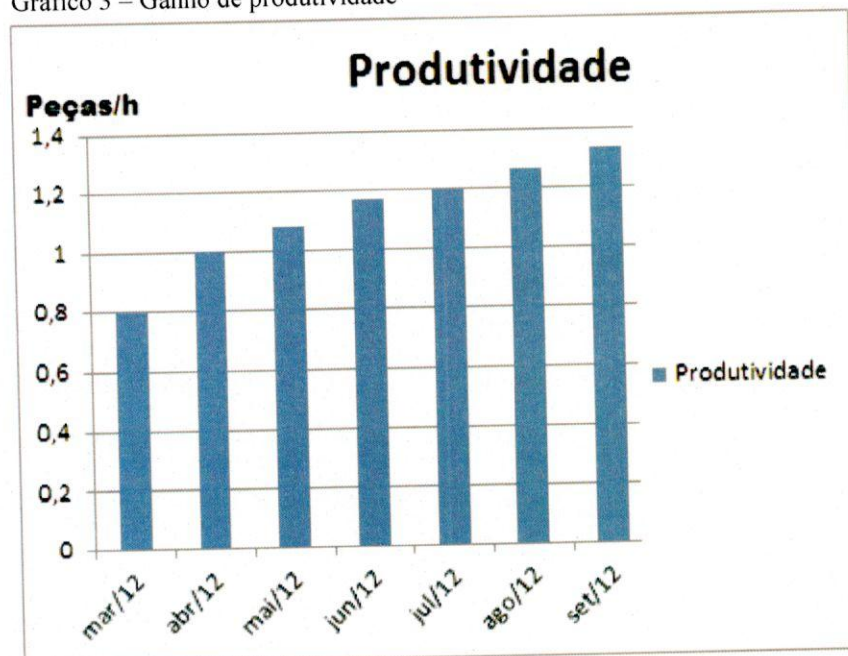
Fonte: o autor

Como podemos observar conseguimos melhorar bastante o balanceamento da linha de montagem nos setores 1 e 3, também obtivemos uma redução de tempo nos setores 2 e 4. Mesmo com estes progressos estamos buscando melhorias para obter o melhor equilíbrio possível da linha, otimizando assim nossa produtividade.

#### 4.7 Demonstrativo do ganho de produtividade

O gráfico abaixo nos demonstra o ganho de produtividade que conseguimos após a implantação das Ferramentas de Produção Enxuta.

Gráfico 3 – Ganho de produtividade



Fonte: o autor

Como nos ilustra o gráfico 3, a produção média era de aproximadamente 0,8 peças/h, e após a implantação das ferramentas de produção enxuta conseguimos aumentar esta produtividade para 1,3 peças/h. Obtendo um aumento de 61,5% na produtividade do equipamento em estudo.



## 5 CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho é grande satisfação que podemos dizer que os resultados obtidos foram excelentes. Foram horas e mais horas observando cada passo dos colaboradores, perguntando, trocando experiências, trabalhando sempre para adequação dos insumos visando um a busca de melhores condições de trabalho e segurança aos colaboradores. E o resultado de tudo isto é conseqüentemente uma maior eficiência produtiva.

A primeira vista o pessoal ficou um pouco assustado com o choque de cultura mais em um pequeno período de tempo tudo normalizou e comprovamos que é possível a redução do *Lead Time* através do Mapeamento do Fluxo de Valores e do balanceamento das operações na produção da autoclave horizontal de capacidade 21 litros, pois conseguimos um aumento de 61,5% na produtividade do equipamento em estudo. Gerando assim uma maior lucratividade à empresa em estudo e garantindo seu crescimento e sustentabilidade.

**REFERÊNCIAS**

BITTENCOURT, Epaminondas. **A crise, os engenheiros, o desenvolvimento.** Belo Horizonte: Senge/Fisenge, 2011.

GONÇALVES, Eliandra da Silva Oliveira, **Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM):** Aprenda a identificar e eliminar desperdícios. Varginha: UNIS/MG, 2012.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção função e estratégica.** 2. ed. rev. amp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

POSSETI, Alberto. **Gestão em logística.** Paraná: FESP, 1999.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar:** mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.