

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Implantação de Ferramentas Lean Manufacturing em uma
Empresa no Setor Metal Mecânico**

Paula das Neves Balan

TCC-EP-72-2015

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Implantação de Ferramentas Lean Manufacturing em uma
Empresa no Setor Metal Mecânico**

Paula das Neves Balan

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof^ª Msc. Syntia Lemos Cotrim

**Maringá - Paraná
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Orlando e Arlete, e as minhas irmãs, Heloise e Camila, que sempre sonharam e acreditaram junto comigo.

“A verdadeira medida de um homem não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como ele se mantém em tempos de controvérsia e desafio. ” - Martin Luther King Jr.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me direcionado para os melhores caminhos e sempre ter me dado força, fé e paciência para enfrentar os momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais, irmãs e avós que estiveram sempre ao meu lado, com palavras de amor e incentivo durante toda minha caminhada. Essa conquista é para vocês.

Aos grandes amigos que a faculdade me presenteou, que trouxeram alegria, apoio, aprendizado e companheirismo todos os dias durante estes cinco anos.

Aos meus professores por me abrirem as portas do conhecimento, em especial a Professora Syntia Lemos Cotrim, pela orientação, dedicação e incentivo na realização deste trabalho.

A empresa Ziober Brasil e meus colegas de trabalho, que deram-me a oportunidade de desenvolvimento, crescimento e aprendizado a cada dia.

Muito obrigada!

RESUMO

Perante a competitividade do mercado, as empresas precisam garantir diferencial em seus produtos e excelência em suas operações. O *Lean Manufacturing* atualmente é adotado por muitas empresas para o alcance desses objetivos, pois sua filosofia é voltada para a redução de desperdícios e aumento da qualidade e eficiência na produção. O presente trabalho é um estudo de caso realizado em uma indústria do setor metal mecânico de Maringá que tem como objetivo a aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*, visando a diminuição de desperdícios e aumento da eficiência produtiva do setor de solda da empresa. Após o diagnóstico e análise, foram traçados os planos de melhorias. Foram feitas modificações no *layout* do setor, determinação de uma sistemática de abastecimento de células de solda e programação da produção, aplicação do 5S, criação de uma célula de preparação e sala de gestão visual e indicadores, determinação da polivalência dos soldadores, redução do tamanho dos lotes de produção e introdução de mecanismos para o controle da qualidade. Após todas essas alterações, foi possível obter um aumento de 36% na produtividade e reduzir o custo em estoque em 63%, além de outras melhorias obtidas no setor.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; desperdícios, metal mecânica; produtividade.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	xi
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativa.....	2
1.2. Definição e Delimitação do Problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo geral.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	4
2.2. Desperdícios	5
2.3. Ferramentas e Técnicas de Apoio na Implementação do <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.3.1. Pequenos lotes e a troca rápida de ferramentas	7
2.3.2. <i>Heijunka</i>	7
2.3.3. <i>Poka-yoke</i>	8
2.3.4. 5S	9
2.3.5. <i>Kanban</i>	10
2.4. Logística de Abastecimento	12
2.4.1. Logística de abastecimento e o <i>Lean Manufacturing</i>	13
3. METODOLOGIA	15
4. ESTUDO DE CASO	17
4.1. Caracterização da Empresa.....	17
4.2. Diagnóstico.....	18
4.3. Proposta de Melhorias	24
4.4. Implantação das Melhorias	27
4.4.1. Abastecimento dos postos de produção	27
4.4.2. Organização do <i>layout</i>	30
4.4.3. Célula de preparação.....	35
4.4.4. 5S	37

4.4.5.	Sala de gestão visual	39
4.4.6.	Polivalência.....	40
4.4.7.	Redução dos lotes <i>Kanban</i>	41
4.4.8.	Controle da qualidade	44
4.5.	Resultados e Discussões	45
4.6.	Barreiras Encontradas e Melhorias.....	54
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
6.	REFERÊNCIAS	58

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Organograma	18
Figura 2- Visão do processo produtivo	19
Figura 3- Visão geral do setor	22
Figura 4- Estoques	22
Figura 5- Box de solda manual.....	23
Figura 6- Robô de solda	23
Figura 7- Quadro de programação da produção por box.....	28
Figura 8- Instrução de Trabalho Programação de Solda	29
Figura 9- Quadro Heijunka.....	30
Figura 10- <i>Layout</i> produtivo antes das modificações.....	31
Figura 11- Organização do estoque por tipo de produto	32
Figura 12- Prateleiras de gabaritos	33
Figura 13- Marcações da situação dos kits no box de solda.....	34
Figura 14- <i>Layout</i> produtivo após as modificações.....	35
Figura 15- Organização da célula de preparação.....	37
Figura 16- Antes da aplicação do 5S	38
Figura 17- Separações dos materiais	38
Figura 18- Organização após a aplicação do 5S.....	39
Figura 19- Sala Kaizen	40
Figura 20- Tabela de Polivalência dos operadores.....	41
Figura 21- Tabela com cálculos dos cartões <i>Kanban</i>	42
Figura 22- Quadro de não conformidades	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produtividade.....	20
Tabela 2- Custo em estoque de PCP's	47
Tabela 3- Custo em estoque de Acessórios	48
Tabela 4- Custo em estoque de Bases	49
Tabela 5- Comparativos dos custos em estoque.....	50
Tabela 6- Indicadores Produtivos	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Peças homem/ mês	20
Gráfico 2- Peças hora/ homem	21
Gráfico 3- Custo em estoque de PCP	48
Gráfico 4- Custo em estoque de Acessórios	49
Gráfico 5- Custo em estoque de Bases	50
Gráfico 6- Custo em estoque geral	51
Gráfico 7- Produtividade pós projeto	52
Gráfico 8- Comparativo das produtividades.....	53
Gráfico 9- Ganho de produtividade	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Problemas produtivos e suas consequências	24
Quadro 2- Plano de melhorias	25
Quadro 3- Melhorias obtidas na implementação dos planos	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	<i>Just in Time</i>
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas

1. INTRODUÇÃO

O aumento crescente na competição entre os mercados está direcionando as empresas a buscarem alternativas para se destacarem perante as outras. Uma das alternativas utilizadas pelas empresas é a obtenção de uma maior eficiência produtiva, para que dessa forma consigam diferenciais em seus produtos através da qualidade, agilidade no atendimento e preço competitivo.

Perante esse cenário, as empresas veem criando novos métodos de produção para aperfeiçoar seus sistemas, visando a redução de custos, aumento na velocidade de produção e atendimento das exigências do consumidor. Um dos métodos que revolucionou os sistemas produtivos foi o modelo Toyota de produção, também conhecido como *Lean Manufacturing*, ou produção enxuta.

A filosofia enxuta baseia-se em fazer bem as coisas, de forma simples e cada vez melhor, eliminando os desperdícios em cada etapa do processo. A necessidade de aprimoramento na eficiência, devido a situação do mercado no início dos anos 70, fez com que a Toyota desenvolvesse os conceitos do *just in time*¹, nos quais apoiam-se na eliminação do desperdício, envolvimento dos funcionários e melhoria contínua (SLACK et al., 2009).

A Toyota transformou a excelência operacional em sua arma estratégica, através da aplicação de ferramentas e conceitos como o *kaizen*², *just in time*, fluxo unitário de peças, autonomia e nivelamento da produção. Porém seu sucesso vem atrelado a uma filosofia empresarial baseada na habilidade de cultivar lideranças, equipes e cultura para criar estratégias, construção de relacionamento com fornecedores e cultura de aprendizado (LIKER, 2005).

O alto desempenho da produção, em muitos casos, não garante sustentação competitiva das empresas, porém é um pré-requisito. Primeiro porque no ambiente de diversificação as empresas precisam trabalhar com lotes de produção menores e atender novos requisitos de desempenho. Em segundo, o aumento do lucro através da redução de custos é uma prática viável que é adotada pelas empresas de sucesso, de forma que o excedente econômico pode ser investido em outros meios, como novas tecnologias, marketing, marca, novos produtos (ANTUNES et al., 2008).

Este trabalho abordará as ineficiências produtivas no departamento de solda de uma empresa do setor de metal mecânica situada em Maringá, e como a introdução do pensamento

¹ *Just in time*- termo de origem inglesa que significa “no momento exato”. É um sistema de administração da produção no qual determina que nada deve ser produzido antes da hora certa.

² *Kaizen*- palavra de origem japonesa que significa mudança para melhor. Refere-se a filosofia ou práticas que incidem na melhoria contínua dos processos.

enxuto e implantação de ferramentas *Lean Manufacturing* contribuíram para a otimização produtiva do setor.

1.1. Justificativa

A empresa na qual foi realizado o trabalho apresentava algumas ineficiências e pontos de melhoria no seu fluxo produtivo. Havia muito desperdício de movimento dos operadores, desintegração entre as operações, inexistência de programação na produção e desorganização de um modo geral, de forma que esses fatores estavam afetando a produtividade e a qualidade do produto. Com o objetivo de otimizar esses fluxos, aumentar a produtividade e reduzir tempos e custos de produção, foram implantadas algumas ferramentas e conceitos da metodologia *Lean Manufacturing* na empresa, a qual busca a eliminação dos desperdícios entre os processos que não agregam valor ao produto, realizando as operações de forma enxuta e eficiente.

1.2. Definição e Delimitação do Problema

Através da aplicação de conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* foi possível encontrar desperdícios e gargalos produtivos e implantar melhorias sobre os mesmos, otimizando o fluxo de produção.

A aplicação do *Lean Manufacturing* teve foco no setor de solda, visto que este setor é o que mais apresentava ineficiências e necessidades de melhoria. Foram analisados os processos realizados no setor, identificados os problemas e, a partir disso, levantadas quais ferramentas a serem aplicadas para melhorar o fluxo produtivo e o desempenho no setor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Implantar conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* com o objetivo de eliminar os desperdícios do setor, otimizar os fluxos produtivos e aumentar a produtividade.

1.3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Realizar revisão bibliográfica sobre o tema abordado;
- Levantar informações sobre o processo através de observações no setor e coleta de dados;
- Propor conceitos e ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing* nos pontos de melhoria do setor;
- Realizar a implantação das melhorias propostas para o setor;
- Implantar indicadores de desempenho do processo.

No capítulo 2 serão apresentadas algumas referências bibliográficas relacionadas com o *Lean Manufacturing*, suas ferramentas de apoio na implantação e demais conceitos de produção enxuta.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho e as etapas de implantação do projeto.

O capítulo 4 apresenta uma breve caracterização da empresa e do setor abordado no trabalho, o diagnóstico realizado no setor para levantamento de dados e pontos de melhoria e a descrição das atividades realizadas na implantação das melhorias propostas. Também são apresentados nesse capítulo os resultados obtidos com o projeto, as barreiras encontradas na sua implantação, além de sugestões de melhorias e trabalhos futuros a serem realizados na empresa.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais sobre o projeto, descrevendo desde o objetivo, ações de melhorias, até resultados alcançados. O capítulo 6 apresenta as referências bibliográficas utilizadas como apoio para o desenvolvimento do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. *Lean Manufacturing*

Segundo Womack e Jones (2004), *Muda* é uma palavra japonesa que significa desperdício. Desperdício é qualquer atividade humana que demanda recursos, porém não gera nenhum valor. Exemplos disso são erros que necessitam correção, produção de itens que não são desejados, estoques de mercadorias, etapas desnecessárias no processo, itens que não atendem as necessidades dos clientes, movimentações desnecessárias de pessoas e materiais, esperas devido à atrasos nas atividades.

O *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que busca eliminar os desperdícios, ou seja, tem o objetivo de excluir o que não agrega valor ao cliente, dando uma maior velocidade à empresa. Suas origens vieram do Sistema Toyota de Produção, conhecido também como Produção *just in time*, no qual o executivo da Toyota, Taiichi Ohno criou e implantou um sistema de produção que buscava identificar e depois eliminar os desperdícios na produção, com o objetivo de reduzir custos, aumentar a velocidade de entrega e qualidade do produto. O foco do *Lean Manufacturing* é a redução dos sete tipos de desperdícios levantados por Taiichi Ohno (WERKEMA, 2006).

As operações enxutas buscam eliminar todos os desperdícios de forma a desenvolver operações mais rápidas, confiáveis, produtos e serviços com qualidade e com baixo custo. Uma expressão utilizada para essas operações enxutas é o JIT- *just in time* ou sincronização enxuta. O JIT significa produzir no exato momento em que é necessário, sem antecipar, não formando estoques, e sem atrasar, de forma que os clientes não tenham que esperar. Outros aspectos que o JIT aborda é em relação à qualidade do produto e eficiência das operações (SLACK *et al.*, 2009).

O pensamento enxuto é uma maneira de especificar o valor, alinhar sequencias que geram valor, executar essas atividades quando solicitadas e sem que haja interrupções e realiza-las de modo cada vez mais eficaz. Ou seja, o pensamento enxuto nos mostra como fazer mais com menos, por isso o nome “enxuto”, e ao mesmo tempo estar mais próximo dos desejos do cliente (WOMACK; JONES, 2004).

Womack e Jones (2004), apontaram cinco princípios de um sistema enxuto de produção. O primeiro princípio trata-se da especificação do valor, onde o valor é definido pelo cliente e criado pela empresa. Deve-se definir valor em termos específicos do produto, que atenda às necessidades dos clientes em relação à preço e tempo específicos.

O segundo princípio é a identificação do fluxo de valor, no qual fluxo de valor são todas as ações necessárias à produção de um produto específico, pensando nas três principais atividades gerenciais em torno da concepção do produto, no gerenciamento da informação desde o pedido à entrega e a transformação física da matéria-prima em produto acabado. Quando se fala em fluxo de valor é preciso analisar quais etapas do processo agregam valor ao produto, quais não agregam valor, porém são necessárias ao processo e quais não agregam valor e devem ser eliminadas.

O terceiro princípio aborda sobre o fluxo. Depois de identificado o valor com precisão, definidas as atividades necessárias ao processo e eliminados os desperdícios, é necessário fazer as atividades fluírem. Para isso é preciso redefinir o trabalho de departamentos e empresas, de modo que todos contribuam para a criação de valor ao longo da cadeia.

Quando se tem fluxo nas operações, o tempo necessário à concepção e produção se reduz significativamente. Quando se adquire a habilidade de projetar, programar e fazer exatamente o que o cliente quer no tempo que ele precisa faz com que o cliente “puxe” a produção de acordo com as suas necessidades. Ou seja, o quarto princípio defende a ideia de a produção ser iniciada a partir do pedido do cliente.

O quinto princípio do pensamento enxuto é a perfeição. A busca pela redução de esforços, tempo, recursos, espaço, preço e desperdícios ao mesmo tempo em que se oferece um produto mais próximo das expectativas do cliente é constante. Isso deve-se à interação dos quatro primeiros princípios de modo cíclico, fazendo com que as empresas busquem cada vez mais pela melhoria e perfeição em seu fluxo de valor.

2.2. Desperdícios

Segundo Ohno (1997), deve-se ter em mente os seguintes pontos quando pensa-se em eliminação total do desperdício:

- “1. O aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos. Para obter isso, temos que começar a produzir apenas aquilo que necessitamos usando um mínimo de mão-de-obra;
2. Observe a eficiência de cada operador e de cada linha. Observe então os operadores como um grupo, e depois a eficiência de toda a fábrica (todas as linhas). A eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo.” (OHNO, 1997, p. 38).

Slack *et al.* (2009) levanta os sete tipos de desperdícios identificados pela Toyota, nos quais são aplicáveis a vários tipos de operações diferentes e são base da filosofia enxuta, sendo eles:

- **Superprodução:** produzir mais do que é necessário para o próximo processo na produção.
- **Tempo de espera:** eficiência de máquina e mão de obra são duas medidas muito utilizadas para avaliar o tempo de espera. Porém, o que muitas vezes não é avaliado é o tempo de espera dos materiais, que é disfarçado pelos operadores.
- **Transporte:** movimentações de materiais dentro da fábrica, assim como a movimentação do estoque em processo são atividades que não agregam valor. Rearranjos no *layout*, aperfeiçoamento do método de transporte e organização no local de trabalho podem reduzir este desperdício.
- **Processo:** no próprio processo há desperdícios, fruto de projeto ou manutenção ruins de componentes.
- **Estoque:** o estoque deve ser o alvo da eliminação, porém deve-se investigar as causas que geram este estoque.
- **Movimentação:** muitas vezes um operador parece ocupado, podem está realizando tarefas que não agregam valor. A simplificação do trabalho é uma das principais formas de redução esse desperdício.
- **Produtos defeituosos:** o desperdício de qualidade é bastante significativo. Os custos totais da qualidade são maiores do que têm sido considerados, por isso é importante identificar as causas desses custos e reduzi-los.

A eliminação completa desses desperdícios pode elevar a eficiência de operação para altos níveis. A real melhoria da eficiência surge quando se produz com zero desperdício, levando a porcentagem de trabalho para 100%. Para isso, deve-se produzir apenas a quantidade necessário, de forma a liberar a força de trabalho extra (OHNO, 1997).

Segundo Oishi (1995), quando fala-se em melhoria, deve ser considerada como consequência da eliminação de desperdícios, que podem vir de diversas circunstâncias, sendo algumas evidentes e quantificáveis e outras não.

2.3. Ferramentas e Técnicas de Apoio na Implementação do *Lean Manufacturing*

Dentro da filosofia JIT, existe uma série de ferramentas e técnicas que dão apoio à filosofia enxuta quando implementada nas empresas. Essas técnicas são conhecidas como técnicas *just-in-time*, sendo que algumas referem-se especificamente o modo como a produção será programada e controlada no pensamento enxuto e outras são utilizadas fora da esfera da

filosofia enxuta. Sobretudo, essas ferramentas representam os meios para a eliminação dos desperdícios.

2.3.1. Pequenos lotes e a troca rápida de ferramentas

O JIT só funciona com eficácia se as trocas de ferramentas forem reduzidas, para que as operações no início do fluxo produzam pequenas quantidades, e depois outro lote de pequenas peças se solicitado pelo processo seguinte. Também é preciso utilizar práticas de produção nivelada (*heijunka*) para amenizar perturbações no fluxo (WOMACK; JONES, 2004).

Slack *et al.* (2009) explica que o tempo de *setup* é o tempo decorrido na troca do processo de uma atividade para outra. A redução desses tempos pode ser alcançada através de alguns métodos, como eliminar o tempo de busca por ferramentas, a pré-preparação de tarefas que retardam a troca e a constância na prática de *setups*³. Para Shingo (1996), a adoção da troca rápida de ferramentas (TRF) é a maneira mais eficaz de diminuir os tempos de *setup*.

Segundo Ohno (1997), produzir em pequenos lotes significa que não se pode operar uma mesma máquina durante muito tempo, e para abranger a variedade dos tipos de produto, o ferramental deve ser mudado com frequência. Como consequência, os procedimentos de trocas de ferramentas devem ser rapidamente executados, e para que isso aconteça, devem ser tomadas medidas para eliminar os ajustes.

Shingo (1996), traz alguns benefícios da adoção das práticas de TRF:

1. Aumento das taxas de operação da máquina através da redução nos tempos de *setup*.
2. A produção em pequenos lotes reduz os estoques intermediários e de produtos acabados de forma significativa.
3. Resposta rápida frente às flutuações na demanda, através de ajustes para adequar-se as mudanças do mercado.

Além desses benefícios, a TRF também faz com que os trabalhadores adquiram confiança com a redução dos tempos de *setup* e aprendam a aceitar novos desafios, criando uma cultura voltada para melhorias.

2.3.2. Heijunka

O *Heijunka* é o nivelamento da produção que combina volume de produção e *mix* de produtos. Esse método não considera o fluxo real de pedidos, que podem ter grandes variações,

³ *Setup*- palavra de origem inglesa que significa configuração, regulagem, instalação.

mas sim considera o volume total de pedidos de um determinado período e os nivela para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia (LIKER, 2005).

De acordo com Ohno (1997), em uma linha de produção, as flutuações no fluxo do produto aumentam os desperdícios, devido ao fato de que equipamentos, operários, materiais e demais elementos devem estar sempre preparados para um pico. Para evitar essas flutuações, é preciso tentar trabalhar com flutuações próximas de zero na produção.

Segundo Slack *et al.* (2009), os princípios da programação nivelada são simples, porém requerem esforços para sua implantação. Em uma produção convencional, o tamanho dos lotes de uma determinada demanda seria determinado e esse produto produzido em sequência, porém esse alto volume de produção gera altos volumes de estoque na fábrica e entre os processos. Já na produção nivelada há uma flexibilidade na qual os tamanhos dos lotes são reduzidos a níveis, de forma que um lote de cada produto pode ser produzido em um dia, reduzindo o nível global dos estoques em processo, além de garantir ritmo e regularidade na produção. Com o nivelamento da produção a mesma quantidade é produzida a cada dia do mês, facilitando o planejamento e controle dessa produção em cada estágio.

2.3.3. Poka-yoke

Segundo Segundo Womack e Jones (2004), o trabalho precisa ser rigorosamente padronizado pela equipe de trabalho, de forma que os trabalhadores e as máquinas devem aprender a controlar o próprio trabalho através das técnicas *poka-yoke*, ou a prova de erros, impedido que peças não conformes passem para os próximos processos de produção. Além disso, essas técnicas devem ser combinadas com controles visuais, que englobam os 5S, instruções de padronização do trabalho e indicadores de desempenho que devem ser fixados em murais, de forma que todos os envolvidos possam ter acesso e consigam compreender todos os aspectos da produção e seu andamento.

O *Poka-yoke* visa prevenir erros humanos nas operações de trabalho, a identificação de possíveis erros e a inspeção na origem. Tem como principal objetivo a eliminação do controle da qualidade após as operações, através da incorporação de dispositivos mecânicos ou eletrônicos nos processos de produção ou desenho dos produtos, para que os erros sejam reduzidos ou eliminados (BERTAGLIA, 2003).

O dispositivo *Poka-yoke* não propriamente dito um sistema de inspeção, e sim um método para detecção de defeitos ou erros que auxilia no sistema de inspeção. Podem haver duas formas de utilização do método *Poka-yoke*: o método de controle, no qual ocorre a parada do processo para a correção do problema, e o método de advertência, no qual o dispositivo sinaliza a

presença do erro. Um gabarito que rejeita uma peça não conforme, por exemplo, é um sistema de inspeção sucessiva, na qual identifica o erro no processamento somente após a sua execução. O ideal é escolher o método *Poka-yoke* que será utilizado de acordo com a necessidade de inspeção desejada (SHINGO, 1996).

2.3.4. 5S

Os 5S são uma técnica com o objetivo de estabelecer e manter a qualidade do ambiente de trabalho nas organizações. Seu nome vem das palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, nas quais significam, respectivamente, arrumação, ordenação, limpeza, padronização e disciplina. O programa teve origem no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial, no qual tinha-se como objetivo eliminar as sujeiras das fábricas. A aplicação do 5S simplifica o ambiente de trabalho, através da eliminação de atividades que não agregam valor e materiais desnecessários, de forma a proporcionar qualidade, eficiência e segurança para o ambiente de sua aplicação (BERTAGLIA, 2003).

Osada (1992) explica como os 5S's podem ser entendidos, quais os seus objetivos e como podem ser aplicados:

Seiri

Este senso trata da distinção do necessário para o desnecessário, no qual pode ser implementado pelo Gerenciamento pela Estratificação, que prioriza os materiais de acordo com sua ordem de importância, para então poder descartá-los ou organizá-los.

Seiton

Arrumar significa colocar as coisas nos devidos lugares ou dispostas de maneira correta, acabando com a procura por materiais e facilitando sua utilização. Depois que tudo estiver funcionalmente organizado, o local estará em ordem. O objetivo da organização é a eficiência, pois permite o acesso a um material na quantidade requerida, quando e onde desejar.

Seiso

Para o 5S, este senso significa acabar com a sujeira, o lixo e tudo que for desnecessário, até que o ambiente fique limpo, pois a limpeza é uma forma de inspeção. A limpeza pode ter um grande impacto sobre o tempo de manutenção, qualidade segurança e demais aspectos operacionais.

Seiketsu

Padronizar significa manter a arrumação, organização e a limpeza constantemente. A inovação e o gerenciamento visual são utilizados para manter as condições estabelecidas pelo ambiente, permitindo rapidez nas operações.

Shitsuke

Significa criar a capacidade de fazer as coisas da forma como foram estabelecidas, através da criação de um ambiente de trabalho com bons hábitos e costumes. A disciplina é um processo de repetição e prática, no qual é preciso tomar esforços para que as etapas sejam sempre executadas, e é essencial que todos participem integralmente disso.

Ainda segundo Bertaglia (2003), para a implementação eficaz do 5S, é necessário o comprometimento da alta gerência e de todas as pessoas da organização. Algumas etapas podem ser realizadas na implementação do programa 5S, sendo elas:

- Comprometimento da alta direção, através de promoção de campanhas e também destinação de recursos para o programa;
- Elaboração do programa, através do estabelecimento do cronograma das atividades de implantação;
- Manutenção dos registros, documentando problemas encontrados, ações tomadas e resultados obtidos;
- Treinamento para os envolvidos, de forma que possam implantar suas próprias ideias e soluções;
- Avaliação, como forma de assegurar que o programa está sendo mantido e para levantamento de melhorias.

2.3.5. *Kanban*

O *Kanban* é uma técnica de gestão de materiais e produção da filosofia *just-in-time*, no qual é controlado através da movimentação do cartão. O sistema *Kanban* “puxa” as necessidades de produção e é oposto aos métodos tradicionais de produção, os “empurrados”. A palavra *Kanban* pode ser definida e interpretada de diversas formas, sendo que pode significar cartão, controle do fluxo de materiais ou fazer referência às melhorias nos métodos de produção, controlando o fluxo de materiais através de cartões. Porém, de um modo geral, pode-se definir *Kanban* como um método que reduz os tempos de espera e os estoques, aumenta a produtividade e integra todas as operações em um fluxo uniforme ininterrupto (MOURA, 2007).

Segundo Ohno (1997), a ideia do *Kanban* veio dos supermercados americanos dos anos 50. Um supermercado é onde o cliente compra o que é necessário, no momento necessário e nas quantidades necessárias, logo é possível estabelecer uma relação com o sistema *just-in-time*. A partir disso, é possível visualizar o processo inicial em uma linha de produção como uma

loja. O último processo (cliente), vai até o primeiro processo (supermercado) para retirar peças necessárias (mercadorias) na hora e quantidade que necessita. O processo inicial produz o material recém retirado imediatamente, como se fosse o reabastecimento das prateleiras. Para fazer esse sistema funcionar, foram utilizados pedaços de papéis identificando o número do componente da peça e demais informações necessárias para a produção, chamando-os de *Kanban*. No Sistema Toyota de Produção, o *Kanban* impede a superprodução, não havendo a necessidade de estoques extras. A eliminação do desperdício também é o foco do *Kanban*, pois na produção, esse sistema ajuda a reduzir mão de obra, estoques, produtos defeituosos e impedir a ocorrência de panes.

Ohno (1997) também determinou regras para utilização do *Kanban*, sendo elas:

- “1. O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo *Kanban* no processo precedente.
2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo *Kanban*
3. Nenhum item é produzido sem um *Kanban*.
4. Serve para afixar um *Kanban* às mercadorias.
5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6. Reduzir o número de *Kanbans* aumenta sua sensibilidade aos problemas.” (OHNO, 1997, p. 48).

O *Kanban* é um sistema organizado de estoques, e estoques representam perdas, independente se o sistema é empurrado ou puxado. O *Kanban* é algo que deve ser eliminado, pois um dos seus principais benefícios é que ele ajuda a forçar o aperfeiçoamento e as melhorias na produção. Por exemplo, ao diminuir a um cartão *Kanban* na produção, o processo acelerará, o que pode afetar o sistema e causar algumas paralisações, porém irá forçar a equipe buscar por melhorias nos processos produtivos (LIKER, 2005).

De acordo com Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção tem como objetivo minimizar os estoques intermediários e de produtos acabados, por isso requer uma produção com pequenos lotes, numerosas entregas e alta frequência de transporte. O sistema deve fluir da seguinte maneira:

- Várias entregas durante o dia.
- Pontos físicos de entrega bem definidos, para evitar posterior procura por peças.
- Espaço limitado para estocar itens entregues, de forma a impossibilitar a formação de estoques em excesso.

O movimento dos *Kanbans* regula o movimento dos produtos e ao mesmo tempo restringe o número de produtos circulando pela fábrica, através do tamanho de seus lotes. Dessa forma, é muito importante que os *Kanbans* se desloquem com os produtos.

2.4. Logística de Abastecimento

Segundo Dias (2010), para uma matéria-prima ser transformada, deve ser movimentado pelo menos três elementos básicos produtivos - homem, máquina ou material, sendo que na maior parte dos processos de produção o elemento que se movimenta é o material.

A logística de abastecimento pode ser definida como a atividade que administra o transporte da matéria-prima do fornecedor para a empresa, seu descarregamento e armazenamento, estruturação dos modos de abastecimento, embalagem de materiais, retorno das embalagens e acordos com o fornecedor (GURGEL, 2000).

Segundo Ballou (2001), o manuseio de materiais dentro da empresa ou em áreas de estoque é um processo realizado em sua maioria manualmente, ou em alguns casos semiautomaticamente, demandando uma atividade de mão de obra intensiva. A disposição desse material, grau de automação e extensão na qual o equipamento é usado afetam diretamente no custo do produto, por isso a importância de se definir qual a melhor combinação desses fatores.

As formas de manuseio que são feitas manualmente, ou apenas com auxílio de alguns equipamentos de transporte, como paletizadores automáticos e transportes industriais para movimentação, são defendidas pela filosofia *just in time*, devido a sua flexibilidade.

As boas práticas de manuseio defendem que deve-se diminuir a movimentação, estocagem e controle, reduzindo as distâncias a serem percorridas, aumentar a quantidade de materiais manuseados, procurar oportunidades no trajeto, circular na rota de coleta e estocagem e otimizar o armazenamento em formatos cúbicos.

De acordo com Dias (2010), os sistemas de movimentação de materiais nas indústrias devem suprir algumas finalidades básicas, sendo elas:

- a) Redução de Custos: através da redução de custos de mão de obra, materiais e despesas gerais.
- b) Aumento da capacidade produtiva: é alcançado através de uma maior rapidez na chegada dos materiais nas linhas de produção e exploração dos espaços e otimização da

- área de estocagem, aumentando o ritmo de produção, a capacidade de estocagem e garantindo uma melhor distribuição no armazenamento.
- c) Melhores condições de trabalho: melhorias inseridas no processo de produção pelos sistemas de movimentação refletem na melhoria nas condições de trabalho, aumentando a segurança, através da utilização de dispositivos e equipamentos próprios para manuseio, diminuindo a fadiga e possibilitando maior conforto para o pessoal, através do auxílio das máquinas.
 - d) Melhor distribuição: o processo de distribuição começa na preparação do produto e termina no cliente final. Com uma melhor organização dos sistemas de manuseio, é possível obter uma melhoria na circulação, definir uma localização estratégica de almoxarifado, com a criação de pontos de armazenagem distantes da fábrica e perto dos consumidores, melhoria dos serviços aos usuários, garantindo uma maior integridade e rapidez de entrega do produto e oferecendo uma maior disponibilidade para a região.

2.4.1. Logística de abastecimento e o *Lean Manufacturing*

Segundo Shingo (1996), a movimentação de materiais é um custo que não agrega valor ao produto, e as reais melhorias de transporte eliminam a movimentação o quanto for possível, que é alcançado através do aprimoramento do *layout* produtivo. Os processos produtivos geralmente são constituídos 45% de processamento do produto, 5% de inspeção, 5% de esperas, sendo que o transporte representa os demais 45% de custos com mão de obra. Mesmo se o transporte for mecanizado, esse custo é transferido para a máquina. Somente após as opções de melhorias no *layout* forem esgotadas que deve-se partir para melhorias através da mecanização. Existem dois tipos de espera relacionadas ao estoque: as esperas entre os processos e as esperas devido ao tamanho dos lotes. As esperas entre processos são itens não-processados aguardando para serem processados, que se acumulam entre os processos. As esperas de lotes são as peças processadas em lotes, sendo que, com exceção da peça que está sendo processada, encontram-se em estoque, até que todo o lote seja processado.

De acordo com a filosofia *just in time*, o fluxo ideal de processamento é o unitário, porém em casos práticos são necessários tamanhos de lotes mínimos, porém o objetivo é estar sempre reduzindo o tamanho do lote. Existe uma série de benefícios na adoção de tamanho de lotes reduzidos. Lotes pequenos movimentam-se com mais facilidade pelo sistema e a quantidade de material em estoque é menor, o que reduz o custo de manutenção desses estoques,

as necessidades de espaço e a aglomeração na produção. Além disso, caso ocorram não conformidades, os custos com inspeção e retrabalho são menores. O trabalho com lotes pequenos também permite uma maior flexibilidade na programação da produção, o que faz com que haja uma maior rapidez a variações na demanda do cliente, pois os sistemas JIT produzem apenas o necessário quando é necessário (STEVENSON, 2001).

3. METODOLOGIA

De acordo com as classificações de pesquisa abordadas por Gil (2010), este trabalho é uma pesquisa de natureza aplicada, em face que foram implementadas melhorias para a resolução de um problema, com aquisição de conhecimento com a aplicação em uma situação específica, com uma abordagem quantitativa, visto que a análise das informações foi feita através de dados numéricos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é de caráter descritivo, no qual os fatos são observados e analisados, através do levantamento de informações e coleta de dados.

Em relação ao procedimento técnico, trata-se de um estudo de caso, pois aborda um estudo detalhado para a obtenção de conhecimento sobre o tema.

O presente trabalho aborda a aplicação de ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing* no setor de solda de uma empresa do setor metal mecânico, com foco na logística de abastecimento.

Quanto ao planejamento do método de trabalho, teve-se as seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica sobre o tema abordado: Pesquisa em livros e artigos a fim de conhecer o que a literatura traz de informação sobre o conceito de produção enxuta e quais as ferramentas e técnicas utilizadas na sua aplicação.
2. Levantar informações sobre o processo através de observações no setor e coleta de dados: foi realizado um diagnóstico no setor a fim de conhecer o processo produtivo, levantar informações referentes aos seus produtos, procedimentos, capacidade produtiva e mão de obra. Após isso, através de entrevistas e observações, foram levantados os principais problemas que causavam ineficiência produtiva no setor de Solda. Dados produtivos do setor e demais informações foram tabulados e foram elaborados fluxogramas do processo.
3. Propor conceitos e ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing* nos pontos de melhoria do setor: a partir dos dados levantados, foi elaborado o plano de melhoria, levantando os pontos de aplicação e as técnicas que seriam empregadas, utilizando como referência as ferramentas propostas pelo *Lean Manufacturing*.
4. Realizar a implantação das melhorias propostas para o setor: a partir do plano de melhorias, começaram as mudanças no setor, começando pela sistematização da programação das células produtivas, organização de *layout*, aplicação do 5S, criação de célula de preparação e sala de gestão visual, diminuição dos lotes *Kanban*, e demais

ferramentas de suporte ao alcance dos resultados. A aplicação dos planos de melhoria ocorreu durante 6 meses no setor.

5. Implantar indicadores de desempenho do processo: foram implantados indicadores de produtividade, apontamento *Kanban*, não conformidade, 5S e polivalência. Os indicadores começaram a ser controlados mensalmente, através da compilação dos dados da produção, para que dessa forma seja possível analisar a evolução do setor e desvios na produção. Para a análise dos resultados do trabalho, no caso dos dados de produtividade, foram consideradas as informações do mesmo período do ano em que foram coletados os dados antes da aplicação do projeto, para que variações na demanda e sazonalidades não influenciassem na análise dos dados.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Caracterização da Empresa

A empresa foi criada em 2006, quando foi convidada pela Prefeitura de Maringá a participar do desenvolvimento de academias ao ar livre para a terceira idade. Desde então, ela vem crescendo e desenvolvendo novos produtos, e hoje é referência nacional na fabricação de academias desse segmento. A empresa trabalha com linhas de produtos para a terceira idade, para a primeira idade (parquinhos), para cadeirantes e residencial. Também exporta suas academias para países da América Latina e é certificada pela ISO 9001:2008.

A empresa tem uma produção média de 1400 equipamentos por mês e conta com uma média de 100 funcionários, distribuídos entre setores de Produção e Administrativos.

O processo de produção está dividido em 3 setores: Conformação, Solda e Montagem. O setor de conformação engloba os processos de corte dos tubos, dobra, prensa e acabamento. Após feita a conformação desses tubos, as peças vão para o setor de solda, que conta com boxes de solda manuais e com 2 robôs de solda, onde as peças serão soldadas e transformadas em acessórios e bases das academias. Após esse processo, os acessórios e bases vão para a galvanização, em alguns casos, e para a pintura, sendo que esses dois processos são terceirizados. Quando as peças retornam a empresa, são encaminhadas para o setor de montagem, que irá fazer a montagem das bases com os acessórios e as suas embalagens, para que sejam expedidos e transportados para os clientes finais.

A Figura 1 apresenta a estrutura organizacional da empresa, no qual tem-se a diretoria e os setores e departamentos, sendo que cada setor conta com um líder.

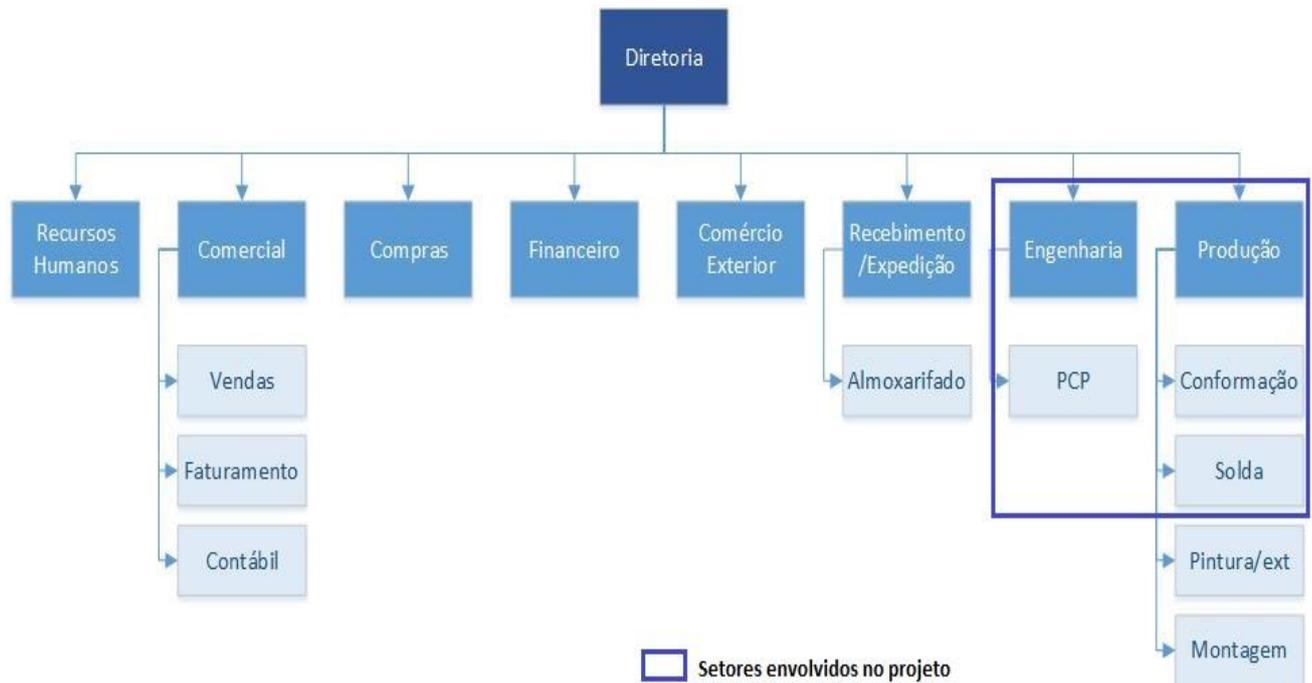


Figura 1- Organograma

Os setores em destaque no organograma são os setores envolvidos nos projetos de melhoria implantados, sendo o foco no setor de Solda, com a colaboração da Engenharia na aplicação das ferramentas e impactos diretos no setor de Conformação.

4.2. Diagnóstico

O foco desse estudo de caso foi no setor de solda, visto que esse setor apresentava muitas ineficiências e oportunidades de melhoria.

O processo de solda é logo após o processo de conformação das peças, onde essas peças são armazenadas em caixas para posteriormente serem soldadas. Na empresa, nessa etapa da produção o *output* do processo é denominado como acessório e base, que posteriormente serão pintados e montados, para formarem as academias. A Figura 2 apresenta os processos produtivos da empresa.

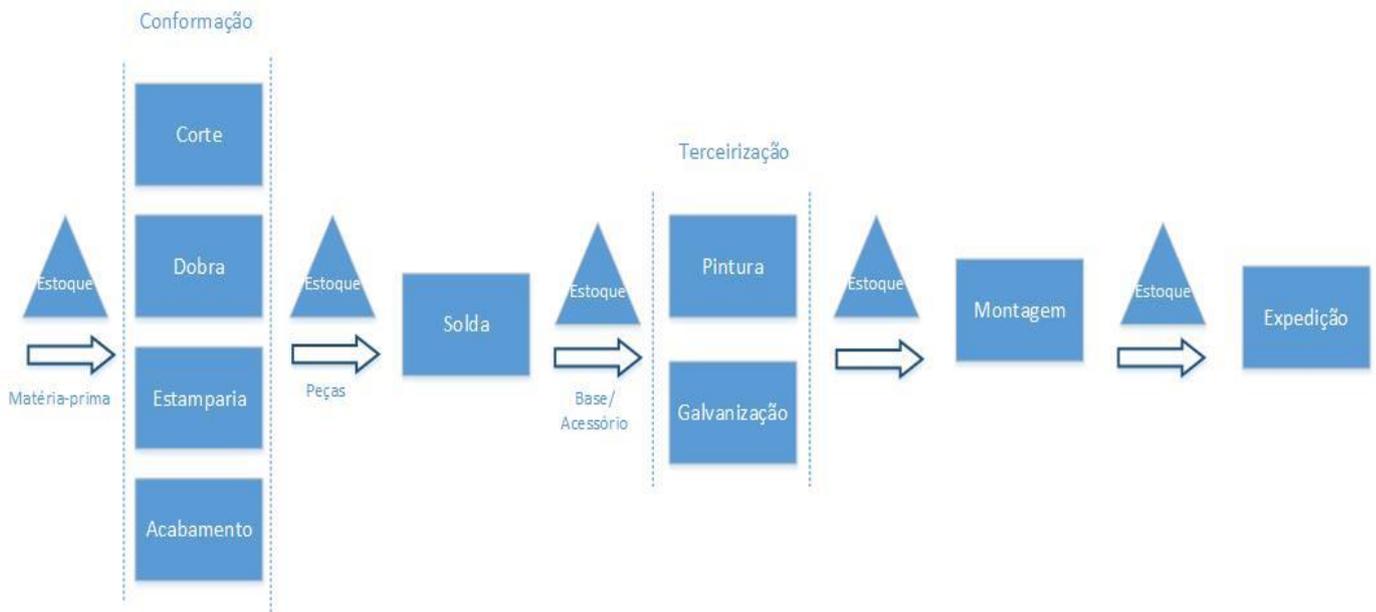


Figura 2- Visão do processo produtivo

O setor conta com 2 robôs de solda, onde um robô conta com 3 mesas e o outro com 5 mesas, e boxes de solda manual. Eram 18 soldadores trabalhando no setor, sendo que 3 deles auxiliavam no processo de solda no robô, e os demais nos boxes de solda manual.

O setor tem uma produção mensal que varia em torno de 5.000 a 8.000 bases e acessórios soldados. Por se tratar de uma produção puxada, a quantidade de peças soldadas varia de acordo com a demanda do mês. Na Tabela 1 são apresentadas informações referentes as horas disponíveis de produção e quantidade produzida por mês, sendo possível analisar o comportamento da produção de 5 meses e suas produtividades em relação à mão de obra disponível.

Para o cálculo de produtividade peças por homem/ mês, foi utilizada a Equação 1⁴:

$$Produtividade = \frac{Qnte. produzida}{N^{\circ} de soldadores} \quad (1)$$

Para o cálculo de produtividade peças por hora/ homem, foi realizada a Equação 2:

$$Produtividade = \frac{Qnte. produzida}{Horas trabalhadas} \quad (2)$$

⁴ MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. p. 13.

Onde

$$\text{Horas trabalhadas} = N^{\circ} \text{ soldadores} \times 8,8 \times 20 \quad (3)$$

Sendo 8,8 a quantidade de horas diárias de trabalho e 20 o número de dias úteis no mês.

Tabela 1- Produtividade

	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Média
Qtde. acessórios/ bases	4831	8267	6884	5846	7164	6598
Nº soldadores	18	18	18	18	18	18
Horas trabalhadas	3168	3168	3168	3168	3168	18
Peças homem/mês	268	459	382	325	398	367
Peças h/homem	1,5	2,6	2,2	1,8	2,3	2,1

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os valores de produtividade da mão de obra por mês e por hora.

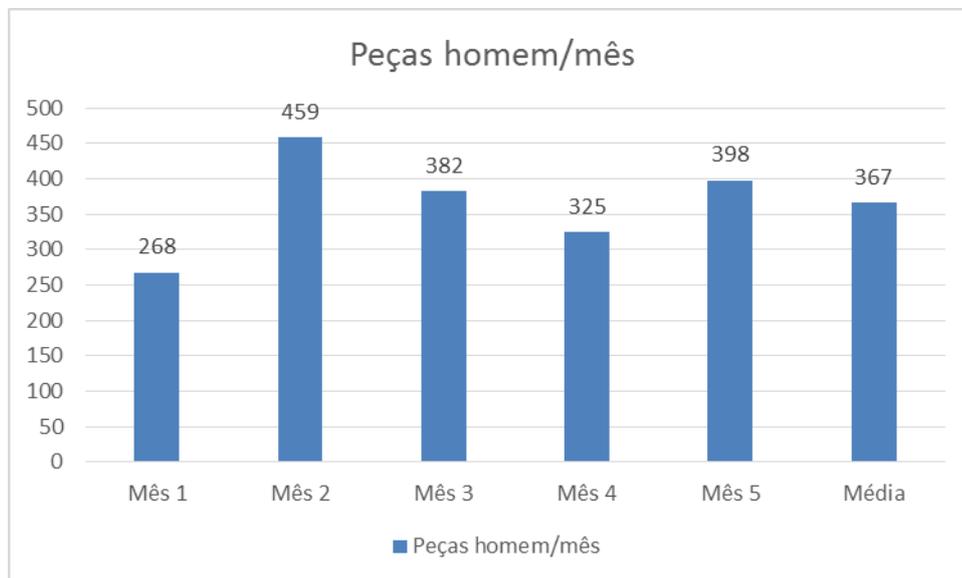


Gráfico 1- Peças homem/ mês

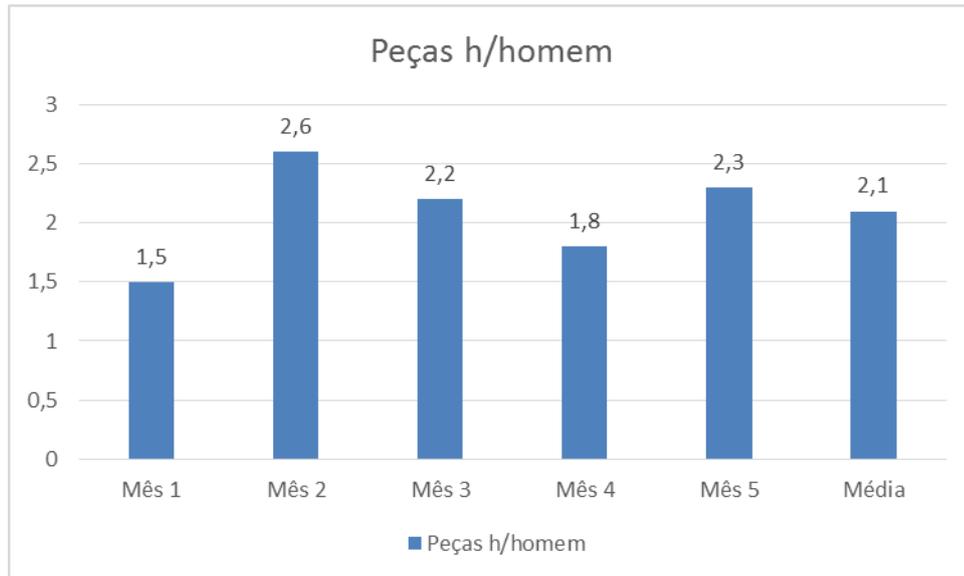


Gráfico 2- Peças hora/ homem

Após observações e análises no setor, foi possível encontrar pontos de melhoria que devem ser trabalhados para aumentar a eficiência produtiva, a produtividade e diminuir os desperdícios presentes.

A empresa trabalha com o sistema *Kanban* nos setores de conformação e solda, porém, o tamanho dos lotes de cada cartão tinha um valor muito elevado, fazendo com que existisse muito estoque entre os processos de conformação e solda, e de solda para o carregamento para pintura. As regras do *Kanban* não estavam sendo seguidas, e os cartões estavam servindo apenas como identificação das peças em suas caixas. Essa grande quantidade em estoque acabava omitindo as ineficiências produtivas presentes no setor de solda.

Um dos primeiros problemas encontrados foi o desperdício de tempo dos operadores, causado principalmente pela movimentação excessiva. Os soldadores assim que recebiam o cartão *Kanban* ou a ordem de produção direcionavam-se até os estoques de peças para pegar as caixas com as peças necessárias para a produção daquele lote. A ausência de um movimentador dedicado a isso fazia com que houvesse essa movimentação excessiva do operador e perda de tempo, tempo este que deveria ser utilizado na transformação do produto.

Além da grande quantidade de peças em estoque, o mesmo estava espalhado por todo o setor. Os estoques de peças a serem soldadas e de acessórios e bases soldados estavam misturados, de forma que não havia um local definido para cada uma delas. Junto a isso, nas células de solda foi possível encontrar caixas de peças que os soldadores iriam soldar e também aquelas que já foram utilizadas anteriormente, além de empilhadeiras. O *layout* do setor estava desajustado e mal aproveitado, sem respeito aos fluxos de produção. Além de desperdícios de

tempo, essa desorganização fazia com que muitas peças e cartões *Kanban* se perdessem ou sumissem nesse processo, sem que houvesse um controle efetivo do que foi produzido. Nas Figuras 3 e 4 é possível visualizar a grande quantidade de caixas de peças em estoque por todo o setor.



Figura 3- Visão geral do setor



Figura 4- Estoques

Nas Figuras 5 e 6 nota-se as caixas de peças a serem soldadas em quantidades maiores que as necessárias, formando estoques nas filas de produção das células produtivas.



Figura 5- Box de solda manual



Figura 6- Robô de solda

Outro ponto relevante observado foi a ausência de programação e filas de produção. O gerente de produção não trabalhava com nenhuma sistemática para organizar e planejar a

programação da semana. As ordens do que deveria ser produzido eram direcionadas na hora para os soldadores. A empresa elaborava uma programação da produção semanal, porém haviam muitos imprevistos e inclusões de pedidos, o que dificultava a programação na produção. Como consequência da falta de planejamento do setor, fazia-se necessário a utilização de horas extras para atender a demanda de produção.

Foi possível observar que um problema estava ligado ao outro. A falta de programação fazia com que não se conseguisse separar as peças anteriormente, o que fazia com que o soldador tivesse que pegar as caixas de peças no momento de soldar, gerando uma desorganização no setor e perda de peças, sem um controle sobre o que foi produzido.

4.3. Proposta de Melhorias

A partir das análises realizadas no setor, foram levantados os principais problemas que causavam ineficiência no setor, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Problemas produtivos e suas consequências

<i>Problema</i>	<i>Consequência</i>
Movimentação excessiva dos operadores	→ Desperdício de tempo → Diminuição da produtividade
Ausência de programação da produção e filas de produção	→ Ineficiência produtiva → Tempo de produção elevado
<i>Layout</i> mal aproveitado	→ Cruzamento de fluxos → Movimentação excessiva → Desperdício de tempo
Regras do <i>Kanban</i> desrespeitadas	→ Grande volume de estoques → Planejamento ineficaz da produção
Falta de controle de qualidade nos produtos	→ Retrabalho → Perda de peças → Custos com não conformidade
Desorganização no setor	→ Baixa produtividade → Falta de integração nas operações

Como tratativa para estes problemas, foi utilizada a filosofia *Lean Manufacturing* e aplicação de suas ferramentas, visto que a mesma, como o nome já diz, visa a produção enxuta, com diminuição/eliminação de desperdícios de tempo, recursos materiais e humanos e, conseqüentemente, custos da produção.

O Quadro 2 apresenta os planos de melhoria levantados e seus detalhamentos.

Quadro 2- Plano de melhorias

<i>O que?</i>	<i>Porquê?</i>	<i>Quando?</i>	<i>Onde?</i>	<i>Quem?</i>	<i>Como?</i>
Abastecimento dos postos de produção	Planejamento das operações de solda e maior eficiência produtiva	2 meses	Setor de solda geral	Engenharia/ Gerente de Produção/ Abastecedores	- Definição do processo de programação de abastecimento de células - Nivelamento da produção
Organização do Layout	Melhor aproveitamento dos espaços produtivos, reduzir movimentações e melhorar os fluxos produtivos	1 semana	Setor de solda geral/ Estoques	Engenharia/ Gerente de Produção/ Abastecedores	- Definição dos estoques, entradas e saídas dos boxes e corredores - Realização das mudanças e marcações
Célula de preparação	Facilitar e otimizar as operações de solda	2 semanas	Box de solda 1	Engenharia/ Soldador 1	- Levantamento das peças preparadas - Organização e identificação da célula de solda

5S	Melhorar o ambiente de trabalho, a organização nos boxes e facilitar o trabalho dos soldadores	1 semana	Boxes de solda	Engenharia/ Soldadores	- Treinamento com os soldadores - Aplicação do 5S em cada box de solda
Sala de Gestão Visual	Introduzir a cultura de indicadores e melhorias no setor	1 semana	Box de solda 18	Engenharia	- Organização da sala de gestão - Elaboração de indicadores
Polivalência	Aumentar a disponibilidade de trabalho no setor	1 semana	Setor de solda geral	Engenharia/ Gerente de Produção	- Levantamento dos soldadores e seus conhecimentos de solda
Redução dos lotes <i>Kanban</i>	Diminuição dos estoques e surgimento de novas melhorias	2 semanas	Setor de solda geral/ Estoques	Engenharia/ Gerente de Produção	- Realização de cálculos de dimensionamento dos cartões - Reimpressão dos cartões
Controle da Qualidade	Controle do percentual de não conformidades no setor e levantamento de melhorias	2 semanas	Setor de solda geral	Engenharia/ Gerente de Produção	- Elaboração de quadros de não conformidade - Criação de indicadores de controle

4.4. Implantação das Melhorias

A seguir, são apresentadas as principais melhorias que foram implantadas no setor de solda.

4.4.1. Abastecimento dos postos de produção

As mudanças começaram na sistematização do abastecimento dos boxes de produção, pois como comentado anteriormente, havia muito desperdício de tempo, movimentação, processo, transporte e espera pelo fato de não haver um planejamento de produção para o setor e não existir um abastecedor que levasse as peças necessárias para os boxes de solda.

Foi feita a contratação e alocação de duas pessoas para serem responsáveis por esse abastecimento, porém, em paralelo a isso, foi necessário a sistematização da programação da produção.

O gerente de produção do setor recebe semanalmente a programação da produção da fábrica, no qual contém os produtos, suas quantidades e data de entregas. Com base nessa programação, o gerente deveria, todo final de tarde, programar os boxes de solda para o dia seguinte. Para facilitar a visualização dessa programação para o gerente, movimentadores e operadores, foram confeccionados quadros de programação identificados em períodos de trabalho, no qual o gerente colocaria os cartões *Kanbans* de acordo com as necessidades de produção, como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7- Quadro de programação da produção por box.

A partir dessa programação por box de solda, os movimentadores deveriam recolher os cartões que encontravam-se em espera no quadro para que fosse feita a separação de kits de produção solda. Nos cartões *Kanban* de solda as informações referentes ao produto, a quantidade de acessórios/ bases do lote, a quantidade de peças necessárias para sua produção e seus processos. Com base nessas informações, os movimentadores separavam os kits de produção nas quantidades exatas descritas nos cartões e os destinavam para os boxes de solda, para que o soldador, ao finalizar uma peça, já começasse o processo da seguinte, de acordo com a programação.

Ao realizar esse processo de programação e abastecimento dos boxes de solda, foi possível eliminar a movimentação dos soldadores até os estoques para separar peças a serem produzidas, diminuição de caixas de peças em grandes quantidades entre os processos, visto que peças entre os processos seriam apenas aquelas necessárias para a solda do lote seguinte e diminuição da perda de peças e cartões *Kanban* no setor. Com essas mudanças observou-se um ganho significativo em termos de produtividade e sincronização do setor.

Para a adaptação a esse processo, foi realizado um treinamento com os envolvidos no trabalho e também criação de uma instrução de trabalho, contendo as atividades a serem realizadas, como observado na Figura 8.

IT SOLR01 – Programação Robô Solda

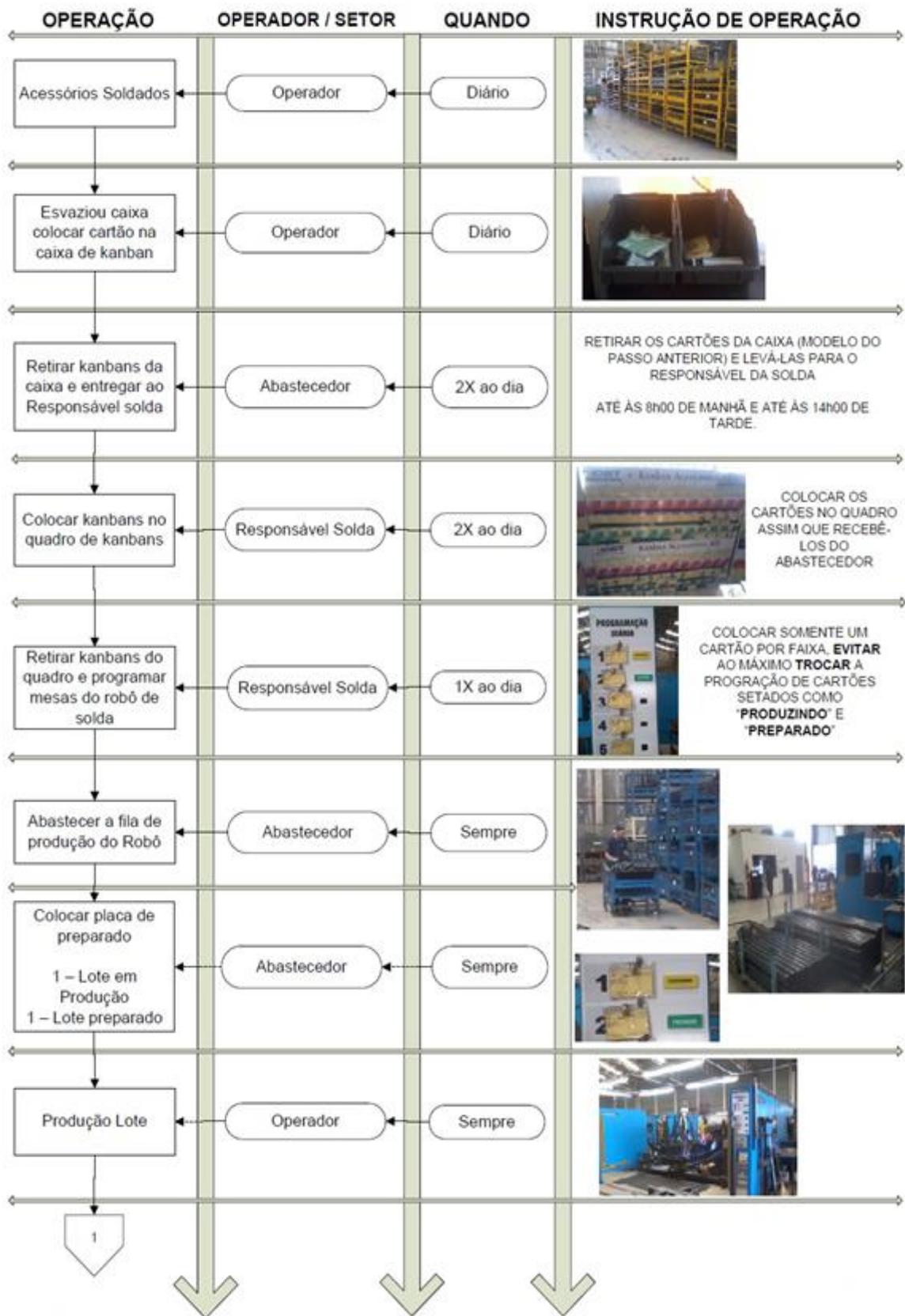


Figura 8- Instrução de Trabalho Programação de Solda

Outra ferramenta proposta para auxiliar na programação e nivelamento das demandas de produção do setor foi o quadro *Heijunka*. Esse quadro estaria disposto no setor, onde o gerente de produção iria programar as necessidades da semana, com o objetivo de atender a demanda e nivelar a produção.

O quadro *Heijunka* foi adaptado para a realidade da empresa. O quadro foi dividido entre os dias da semana e seus períodos, manhã e tarde, e o nome de todos os soldadores do setor, onde no cruzamento dessas duas informações seriam alocadas as necessidades de produção, conforme a Figura 9.

Quadro <i>Heijunka</i>										
Operador	Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J										
K										
L										
M										
N										
O										
P										
R										
S										

Figura 9- Quadro *Heijunka*

Com a programação da produção semanal em mãos, o gerente iria distribuir suas necessidades pelo quadro, nivelando a produção. Ao final de todo dia, deveriam ser feitas reuniões de programação, a fim de realizar alterações recorrentes. Essa é uma forma visual e prática de programar e nivelar o fluxo produtivo.

4.4.2. Organização do *layout*

Em paralelo a aplicação da sistemática de programação das células de solda, foram feitas alterações no *layout* do setor de solda, visando a organização dos estoques, que estavam espalhados por toda a planta, e melhor fluxo de materiais entre os boxes de solda, corredores e

estoques. Essa desorganização no setor ocasionava a perda de lotes de peças e cartões *Kanban*, movimentação excessiva de operadores e abastecedores e também cruzamento de fluxos.

A Figura 10 apresenta a planta do setor de setor antes das alterações realizadas, sendo possível observar a grande área ocupada por peças em estoque.

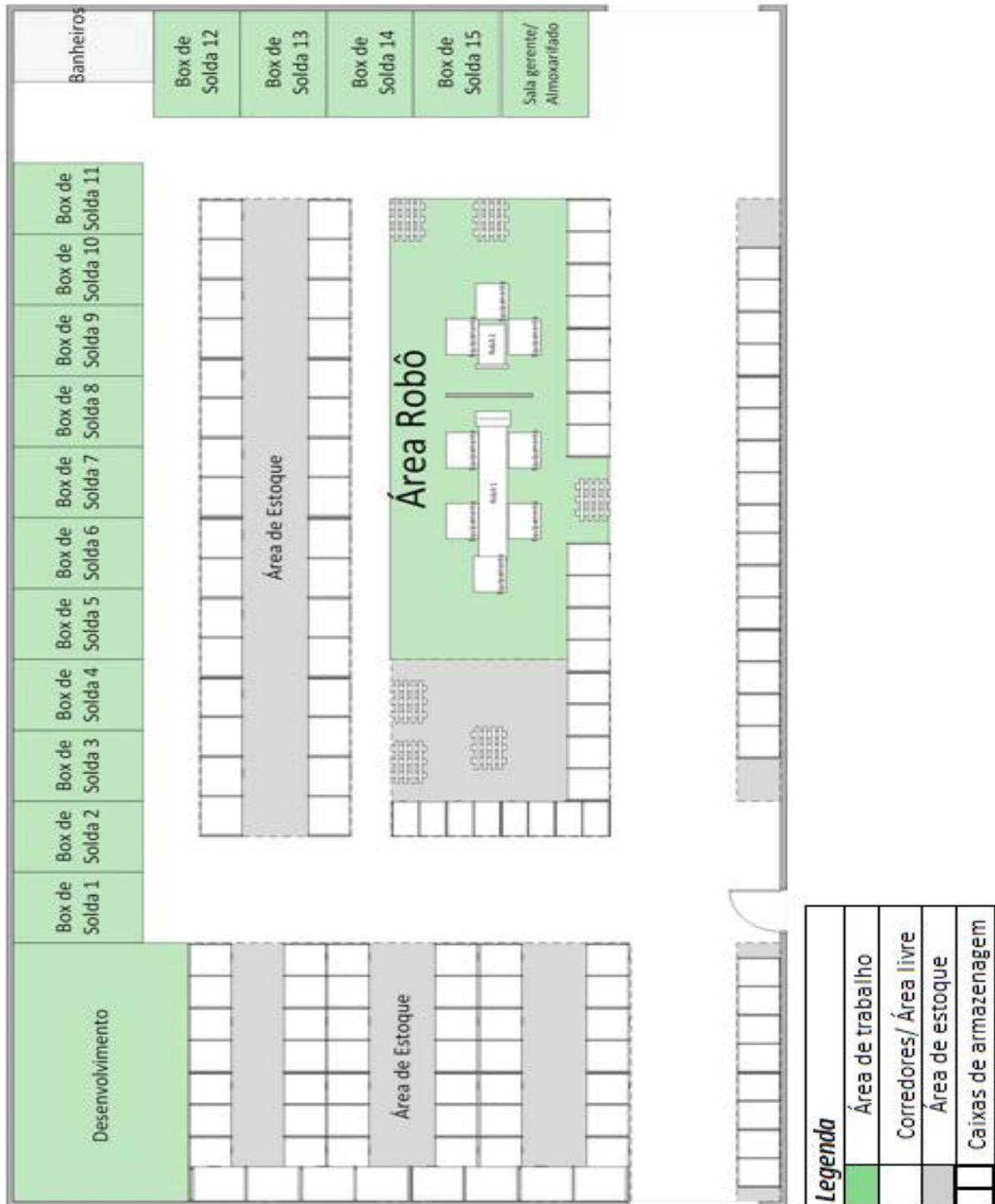


Figura 10- Layout produtivo antes das modificações

A primeira etapa para a realização de melhorias referente ao *layout* foi a organização dos estoques de peças. Anteriormente a essa mudança, foi feita uma análise de dimensionamento das peças em suas caixas, e levantada a quantidade de caixas necessárias para armazenar todas as peças presentes no estoque. Essa análise foi feita de maneira simples, levando em consideração a dimensão da caixa e as dimensões das peças, fazendo o cruzamento dessas informações com o tamanho do lote de cada cartão *Kanban*, de forma a estimar a quantidade de caixas e o espaço necessários para esses estoques. Ao realizar essa análise, observou-se que haviam muitas caixas vazias no chão de fábrica, ou então que estavam sendo ocupadas por poucas peças, muitas vezes até menores que os lotes dos cartões *Kanban*.

Após as análises, a mudança foi feita. Foi dedicado um espaço exclusivo para o estoque dessas peças, e todas as caixas que estavam entre os corredores da produção e os boxes de solda foram levadas para esse almoxarifado. As peças foram todas organizadas, sendo possível eliminar caixas e ganhar espaço.

Um dos principais pontos a ressaltar sobre essa disposição dos estoques, foi, no momento da mudança, a separação e organização das peças de acordo com o seu produto, como uma separação por famílias. Vale ressaltar que para a composição de um acessório/ base de um produto, são utilizadas várias peças diferentes. Essas peças agora estariam agrupadas em uma mesma coluna, e então com identificações no solo. Ao fazer isso, facilitou o trabalho dos abastecedores para encontrar as peças e também uma melhor gestão visual desses estoques. A Figura 11 ilustra como foram dispostos e identificados esses agrupamentos por tipo de produto.



Figura 11- Organização do estoque por tipo de produto

As prateleiras nas quais eram armazenados os gabaritos também foram organizados. Gabaritos são utilizados como “moldes” para a solda, no qual as peças são encaixadas nos mesmos e devidamente soldadas, criando um padrão para as peças e uma forma de controle de não conformidades, sendo que para cada acessório ou base que compõem um produto, existe um gabarito específico. Essas prateleiras, que ficavam ao fundo do atual almoxarifado, foram direcionadas para a lateral do corredor de movimentação dos caminhões, e também devidamente identificadas com os nomes de todos os gabaritos ali armazenados, como mostra a Figura 12.



Figura 12- Prateleiras de gabaritos

Com os estoques de peças devidamente organizados, obteve-se um grande espaço para o fluxo de materiais e pessoas no chão de fábrica. Porém, o próximo passo era organizar a forma como esses fluxos ocorreriam.

Os boxes de solda foram organizados de forma a terem espaços dedicados para a entrada e saída de materiais criando um fluxo organizado. Foi demarcado em todos os boxes, inclusive nos robôs, espaços de entrada de material, com o status de “Preparado” e “Produzindo” e de saída de material. Assim que os abastecedores separassem as peças do lote seguinte, deveriam direcionar essas caixas na área destinada para lotes preparados, conforme o soldador finalizasse a peça anterior e começasse o próximo, esse kit de peças iria para o espaço destinado para as peças em produção e, ao finalizar as peças, os soldadores colocariam as peças soldadas na caixa presente do espaço de saída do material, sendo que toda a movimentação dessas caixas seria feita pelos abastecedores, de forma que o soldador preocupa-se em apenas soldar a peça com qualidade, não tendo mais a preocupação e perda de tempo de movimentar-se até os estoques

para buscar as peças as serem soldadas no lote seguinte. Além da redução da movimentação dos soldadores, tempo de processo e fluxos entre a produção, essa delimitação de espaços deixa o ambiente mais organizado e de mais fácil entendimento sobre o trabalho a ser feito, tanto para os soldadores e movimentadores, quanto para pessoas que passam pelo setor. É possível observar visualmente o serviço que está sendo realizado e qual a programação de produção de cada um dos boxes de solda. A Figura 13 ilustra a forma como foram demarcados os boxes e sua dinâmica de processamento.



Figura 13- Marcações da situação dos kits no box de solda

Da mesma forma que nos quadros de programação de cada célula de solda está o lote a ser soldado e seu *status* de produção, o mesmo é colocado em prática através dos lotes de produção dispostos nos boxes de solda, o que mostra a importância da integração das atividades de programação das células de produção, preparação de kits de produção e abastecimento dos boxes de produção, fazendo com que o trabalho seja cíclico e integrado, exigindo a cooperação entre os integrantes do setor.

A Figura 14 mostra como ficou o *layout* após as modificações realizadas.

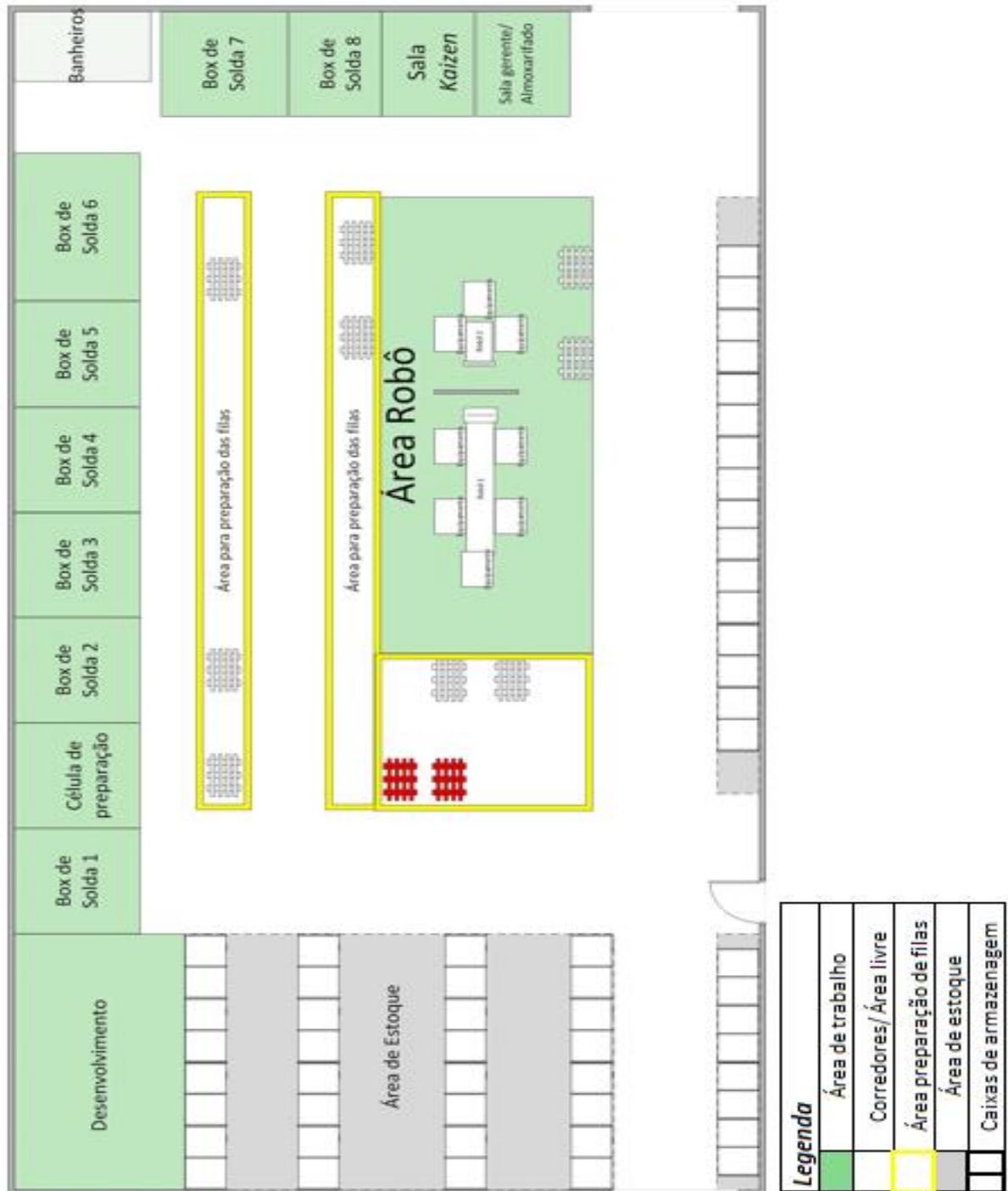


Figura 14- Layout produtivo após as modificações

4.4.3. Célula de preparação

Na formação de uma base ou um acessório dos produtos, existe a junção de tubos, aruelas, pinos, entre outros. Porém o processo de solda de peças que exigem esses materiais é um pouco mais demorado, pois trata-se de peças pequenas, e que na maioria das vezes não é

possível soldá-las com a utilização dos gabaritos ou do robô. Então, o que acontecia nessa situação é que o soldador deveria soldar essas peças a parte, como uma preparação para o processo principal, antes de encaixá-las no gabarito, o que acaba diminuindo sua produtividade.

A solução para otimizar as operações dos soldadores nessa situação foi a criação de uma célula de solda específica para a preparação dessas peças. Ou seja, haveria um soldador exclusivo para soldar e repor esse material, enquanto os demais soldadores pegariam essas peças “prontas” para serem encaixadas nos gabaritos, soldadas e finalizadas. Haveria um ganho em qualidade também, visto que este soldador iria especializar-se na solda dessas peças.

Foram levantadas todas as peças, que estão no sistema *Kanban*, que necessitam dessa preparação. Fez-se uma lista dos materiais e suas combinações e, a partir disso, as peças foram separadas e suas quantidades dimensionadas, de acordo com o tamanho do lote dos cartões *Kanban* e também considerando o espaço a ser utilizado nas prateleiras. Para as peças pequenas, foram compradas caixas para armazenamento, e nas prateleiras foram colocadas divisórias para as peças. Foram confeccionados cartões de identificação das peças, contendo seu nome, código, desenho e quantidade, tanto para as peças sem solda quanto para as soldadas, facilitando na identificação, separação e organização do box.

O fluxo da célula de preparação funcionaria da seguinte forma: as peças, sem solda, seriam armazenadas no lado direito do box, com um local definido e identificado para cada uma, de acordo com as quantidades dimensionadas. No lado esquerdo do box seriam armazenadas a combinação dessas peças, após passarem pelo processo de solda, que ocorreria no centro do box, e também devidamente identificadas em seus lugares definidos. As peças maiores, que não cabem nas prateleiras, ficariam em caixas próximas ao box de solda. Os abastecedores de células de solda seriam responsáveis por controlar e alimentar as prateleiras do lado direito, assim que o nível abaixasse. Da mesma forma, assim que o nível das peças do lado esquerdo diminuísse, o operador deveria soldá-las para repor o estoque de peças preparadas. Conforme os demais soldadores necessitassem dessas peças preparadas, os abastecedores buscariam as mesmas no box de preparação.

A Figura 15 mostra como ficou a organização nas prateleiras da célula de preparação.



Figura 15- Organização da célula de preparação

4.4.4. 5S

O programa 5S foi outra ferramenta aplicada no setor de solda. Segundo Osada (1992), essa técnica melhora a qualidade, aumenta a eficiência, aprimora a segurança e diminui a ocorrência de produtos defeituosos e acidentes de trabalho.

Primeiramente, foi realizado um treinamento referente ao programa 5S com os funcionários do setor de solda, para que todos pudessem aprender os conceitos e se conscientizassem sobre sua importância no dia a dia do trabalho. Após o treinamento, foi o momento da aplicação, realizada em cada uma das células de solda, juntamente com o soldador responsável pela mesma.

Nas prateleiras das células de solda era possível encontrar ferramentas espalhadas, materiais de lotes anteriores, peças não conformes, gabaritos que não estavam sendo utilizados no momento, lixo, EPI's desgastados e materiais de uso pessoal misturados com as ferramentas e materiais de trabalho. Foram feitas as separações dos materiais utilizados e feito o descarte de materiais desnecessários para a célula de trabalho. Após isso, todos os materiais e ferramentas foram dispostos nas mesas para que fosse feita a sua separação e organização. Foram criados painéis para disposição das ferramentas de forma ordenada, facilitando o acesso a elas.

Na Figura 16 é possível visualizar como estavam as células de solda antes da aplicação do 5S, com muita bagunça, gabaritos espalhados, e objetos desorganizados.



Figura 16- Antes da aplicação do 5S

A Figura 17 mostra as separações de ferramentas feitas durante a aplicação do programa.



Figura 17- Separações dos materiais

A Figura 18 apresenta as células de solda após a aplicação do 5S, com organização das ferramentas e matérias no ambiente de trabalho.



Figura 18- Organização após a aplicação do 5S

Com a aplicação do 5S nas células de solda, a organização do *layout* produtivo e criação de entradas e saídas nas células, foi possível obter uma organização geral no setor, melhorando os fluxos de produção e o ambiente de trabalho.

Foi estruturada também ferramentas para a realização de Auditorias de 5S no setor, de forma que fosse realizada periodicamente, com o objetivo de mensurar e manter a cultura do Programa na empresa.

4.4.5. Sala de gestão visual

Com a aplicação das melhorias no setor, fez-se necessário a criação de um espaço no chão de fábrica destinado para a divulgação dos resultados que seriam obtidos através dessas mudanças e para que fossem feitas reuniões de programação e melhorias. O objetivo da implantação de uma sala com indicadores e informações no meio da produção é a criação da cultura orientada para resultados, e disponível para todos os funcionários, desde o gerente de produção até para os operadores. O nome dado para essa sala foi *Kaizen*.

Nessa sala estão presentes os quadros do *Kanban*, quadro *Heijunka*, tabelas de polivalência, painéis de gestão, contendo indicadores de produtividade, apontamento de cartões

Kanban, não conformidade e 5S, e demais informações pertinentes ao setor, como mostra a Figura 19.



Figura 19- Sala Kaizen

4.4.6. Polivalência

Outro conceito que é defendido na produção enxuta é polivalência dos operadores.

Esse conceito foi introduzido no setor de solda. Existe uma grande variedade de produtos que são produzidos na empresa, porém não são todos os soldadores que sabem o processo de todos eles. O objetivo da introdução da polivalência nesse setor é para que os soldadores conhecessem os procedimentos de solda de todos os produtos presentes no sistema *Kanban* e alguns outros que também tem um alto fluxo de saída, para que assim fossem soldadores “polivalentes”. Como suporte a isso, foi criada uma tabela com o nome dos operadores e o grau de conhecimento que cada um deles tinha no processo de solda dos produtos. Essa tabela ficaria presente no chão de fábrica, na sala *Kaizen*, onde o gerente de produção levantaria as necessidades de treinamento de cada um dos soldadores, e conforme eles aumentassem o grau de conhecimento na execução do processo, essa tabela seria atualizada, até que se tornassem polivalentes.

A polivalência dos operadores aumenta a disponibilidade de trabalho do setor, pois se há a necessidade do processamento de um produto, e um operador que tem conhecimento sobre o processo está ocupado, esse produto poderia ser soldado por qualquer outro soldador que estivesse disponível, trazendo mais agilidade e eficiência produtiva para o setor.

A Figura 20 é um exemplo da tabela de polivalência e seus critérios de avaliação.

	Letra	Produto A	Produto B	Produto C	Produto D	Produto E	Produto F	Produto G	Produto H	Produto I	Produto J	Produto K	Produto L
Operador 1 	A	0	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Operador 2 	F	4	0	3	0	0	0	0	2	2	0	3	0
Operador 3 	K	0	4	2	2	0	0	0	3	3	0	0	0
Operador 4 	H	2	2	4	4	2	2	0	4	4	2	2	0
LEGENDA													
NÃO SABE FAZER		0											
SABE FAZER COM SUPERVISÃO		1											
SABE FAZER SEM SUPERVISÃO		2											
FAZ BEM		3											
SABE ENSINAR		4											
ROBÔ		R											

Figura 20- Tabela de Polivalência dos operadores

4.4.7. Redução dos lotes *Kanban*

O sistema de produção do setor de solda começou a se tornar eficiente com as mudanças feitas, porém o nível dos estoques, tanto de peças quanto de acessórios e bases soldadas ainda estava muito alto, indo contra os princípios da produção enxuta, sendo um dos sete desperdícios a serem eliminados. Era necessário que o tamanho dos lotes dos cartões *Kanban* fosse diminuído, pois assim reduziria os estoques e também começariam a aparecer outros pontos de melhoria para serem trabalhados, pois, como Shingo (1996) explica, a diminuição no número de *Kanban* leva a reduções no estoque, o que reduz o amortecimento contra a instabilidade da produção, que é função do estoque. Como consequência, destacam-se aqueles processos mais ineficientes ou com anomalias nas operações, descobrindo os principais pontos que necessitam melhorias.

Antes das mudanças nas quantidades do *Kanban*, trabalhava-se com 6 cartões para cada produto, tanto para PCP's, bases e acessórios, e um alto volume de peças para cada um dos cartões.

Para as bases, foi reduzido o número de cartões para 3, e suas quantidades também alteradas. Foi levantada que a demanda média de equipamentos, de um modo geral, varia em torno de 5 a 7 unidades, para cada tipo de produto, porém, em um dia de trabalho o processo gargalo, que é o da produção do Multi Exercitador, consegue soldar 5 bases. A partir disso, definiu-se a quantidade de 5 peças por cartão de base para todos os produtos, conseguindo atender a demanda e não deixando muitas peças em estoque, visto que, principalmente as bases, demandam muito espaço físico para seu armazenamento.

No caso dos acessórios, o número de cartões foi reduzido para 2 unidades para cada produto, visto que o processo de solda dos acessórios é mais rápido que a solda das bases. Para o cálculo da quantidade de peças por cartão, levantou-se os dados de demanda semanal de cada um dos produtos e a quantidade de acessórios que iriam em cada um deles. Na Figura 21 é possível entender como as quantidades foram definidas.

APARELHOS		Produto A							QTDE BASE	Produto B			QTDE BASE	Produto C				QTDE BASE	Produto D			
BASES SEM PINTURA	15	Cód. 3655							4	Cód. 3058			8	Cód. 3664				8	Cód. 3667			
	TRIPLO	Cód. 3655							4	Cód. 3657			5	Cód. 3663				6	Cód. 3666			
	DUPLO	Cód. 3655							4	Cód. 3656			4	Cód. 3662				2	Cód. 3665			
	IND	Cód. 3655							4	Cód. 3656			4	Cód. 3662				2	Cód. 3665			
QTDE POR BASE TRIPLA		1	1	1	1	1	1	1		3	3	3		3	3	6	6		3	0	0	1
QTDE POR BASE DUPLA										2	2	2		2	2	4	4		2	0	1	0
QTDE POR BASE INDIV.										1	1	1		1	1	2	2		1	1	0	0
QTDE ACESS CARTÃO		15	15	15	15	15	15	15		24	24	24		38	38	76	76		38	2	6	8
CODIGOS ACESS COM PINTURA		293	294	295	296	297	298	299		300	301	302		304	305	431	458		432	309	310	311
CODIGOS ACESS SEM PINTURA		3625	3626	3627	3628	3629	3630	3631		3632	3633	3634		3635	3636	3637	3638		3639	3640	3641	3642
LOTE		Acessório A1	Acessório A2	Acessório A3	Acessório A4	Acessório A5	Acessório A6	Acessório A7		Acessório B1	Acessório B2	Acessório B3		Acessório C1	Acessório C2	Acessório C3	Acessório C4		Acessório D1	Acessório D2	Acessório D3	Acessório D4
CAIXA 1		15	15	15	15	15	15	15		24	24	24		38	38	76	76		38	2	6	8
CAIXA 2		15	15	15	15	15	15	15		24	24	24		38	38	76	76		38	2	6	8
CAIXA 3		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
TOTAL		-	30	30	30	30	30	30		48	48	48		76	76	152	152		76	4	12	16
SEGURANÇA		15	15	15	15	15	15	15		24	24	24		38	38	76	76		38	2	6	8

Figura 21- Tabela com cálculos dos cartões *Kanban*

Para os aparelhos que existem modelos individuais, duplos e triplos, fez-se a Equação 4:

$$\begin{aligned} \text{Quantidade por cartão} = & (\text{Demanda base tripla} \times \text{Qtde acessórios por base tripla}) + \\ & (\text{Demanda base dupla} \times \text{Qtde acessórios por base dupla}) + (\text{Demanda base individual} \times \\ & \text{Qtde acessórios por base individual}) \end{aligned} \quad (4)$$

Por exemplo, para o cálculo do tamanho do lote de um cartão *Kanban* do Acessório C1, realizou-se a Equação 5:

$$\text{Acessório C1} = (8 \times 3) + (5 \times 2) + (4 \times 1) \quad (5)$$

$$\text{Acessório C1} = 38$$

Para os casos onde há modelos únicos, multiplicou-se a demanda de bases pela quantidade de acessório presente naquela base.

Para os PCP's, que são as peças produzidas no setor de Conformação e virão a ser soldadas, suas quantidades foram calculadas em proporção às quantidades de bases e acessórios dos cartões *Kanban* do setor de Solda. Porém, fez-se a proporção fazendo a multiplicação de 3 vezes as quantidades dos cartões da solda, devido ao grande volume de variedade de peças que são produzidas no setor de Conformação. Por exemplo, vão 2 unidades da peça X no acessório C1, que em seu cartão possui a quantidade de 38 acessórios, ficando o cartão do PCP com a seguinte quantidade, conforme a Equação 6:

$$\text{Quantidade peça X} = 3 \times 2 \times 38 \quad (6)$$

$$\text{Quantidade peça X} = 228 \text{ unidades por cartão}$$

Após esses cálculos, foi feita outra análise para validar a quantidade de peças por cartão. Foi considerado o aproveitamento das barras em relação a essas quantidades calculadas, pois em muitos casos, para fazer exatamente o valor do cálculo, teria que começar uma nova barra, ou deixar uma parte sem cortar. Então, essas quantidades foram ajustadas, tanto para mais quanto para menos, para que houvesse um melhor aproveitamento das barras no momento do processo de corte. O número de cartões *Kanban* para cada produto não foi alterado, continuando

com 3 cartões, porém começou-se a trabalhar com apenas 2 cartões, utilizando o 3º cartão em algum caso especial.

Com a redimensionamento do tamanho dos lotes dos cartões *Kanban*, houve uma redução significativa nos estoques, tanto de peças soldadas quanto das sem solda, diminuindo o espaço requerido para o armazenamento dessas peças e, principalmente, redução dos custos desses estoques.

4.4.8. Controle da qualidade

Após a aplicação de uma série de mudanças e melhorias no setor, é imprescindível que a garantia da qualidade dos produtos seja eficaz.

A utilização de gabaritos de solda para as peças são uma forma de diminuir os erros e padronizar a produção das peças, funcionando como um *poka-yoke* no processo de solda, além disso, com a sua utilização é possível identificar não conformidades em peças vindas do setor antecedente, de Conformação, no momento de montagem das peças no gabarito. Esses gabaritos são constantemente modificados, com o objetivo de diminuir a presença de erros, facilitar no manuseio e procedimentos e melhorar questões ergonômicas.

Porém, para auxiliar no controle da qualidade dos produtos, foi colocado um quadro no chão de fábrica para que as não conformidades existentes fossem anotadas conforme aparecessem, para que tanto o gerente de produção quanto os operadores pudessem anotá-las, criando uma cultura voltada para a qualidade e ficando visual o controle dos erros. A Figura 22 apresenta o modelo do quadro de não conformidades.

Juntamente a isso, foram destinadas caixas para que as peças não conformes fossem ali depositadas.

	- Diminuição do <i>lead time</i> dos processos de solda	
Organização do layout	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do local de estoque (almoxarifado) - Ganho de espaço no chão de fábrica - Organização dos estoques por grupos de produtos - Facilidade para encontrar peças no estoque - Segurança no local de trabalho - Disponibilidade do lote a ser processado no posto de trabalho - Fluxos otimizados - Organização no setor como um todo 	<ul style="list-style-type: none"> → Transporte → Movimentação → Processo
Célula de preparação	<ul style="list-style-type: none"> - Agilidade no processo principal de solda - Qualidade do produto - Aumento da produtividade 	<ul style="list-style-type: none"> → Tempo de espera → Processos → Defeitos
5S	<ul style="list-style-type: none"> - Organização nos boxes de solda - Limpeza no local de trabalho - Facilidade para encontrar materiais e ferramentas - Segurança no posto de trabalho - Motivação e engajamento dos funcionários - Aumento da produtividade 	<ul style="list-style-type: none"> → Estoques → Movimentação → Defeitos
Sala de Gestão Visual	<ul style="list-style-type: none"> - Orientação para resultados - Visualização do desempenho - Comprometimento e engajamento de todos para melhorias 	→ Não se aplica
Polivalência	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecimento da capacidade da mão de obra - Flexibilidade nas operações 	→ Tempo de espera

	<ul style="list-style-type: none"> - Agilidade no setor - Auxílio para a programação da produção 	
Redução dos lotes Kanban	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição significativa nos estoques - Agilidade nas operações - Aumento de espaço disponível na produção - Oportunidade de novas melhorias 	<ul style="list-style-type: none"> → Superprodução → Estoques
Controle da Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Detecção de erros - Controle de não conformidades - Mensuração da qualidade do setor - Melhoria nos processos 	<ul style="list-style-type: none"> → Defeitos

Para mensurar as melhorias obtidas no setor, foram escolhidos dois indicadores principais: Custo de estoque e Produtividade.

Para calcular o custo dos materiais em estoque antes e depois da diminuição dos lotes *Kanban*, foi retirado do sistema informacional da empresa relatórios nos quais constam os itens que fazem parte do sistema *Kanban* de PCP, acessório e base, e o custo unitário de cada um. Com essas informações, foi multiplicada a quantidade do lote do cartão *Kanban* e o número de cartões *Kanban* utilizados, gerando o custo de determinada peça em estoque. Isso foi feito para as quantidades anteriores e posteriores às modificações para que pudesse ser feito o comparativo.

Estoque PCP

Com a diminuição do tamanho do lote e do número de cartões de PCP, foi possível reduzir 55% do custo em estoque dessas peças, considerando que todos os cartões foram produzidos e estão em estoque, conforme os dados apresentados na Tabela 2 e o Gráfico 3.

Tabela 2- Custo em estoque de PCP's

Custo em estoque antes da alteração	R\$ 473.795,10
Custo em estoque após a alteração	R\$ 213.356,60
Percentual de redução	55%

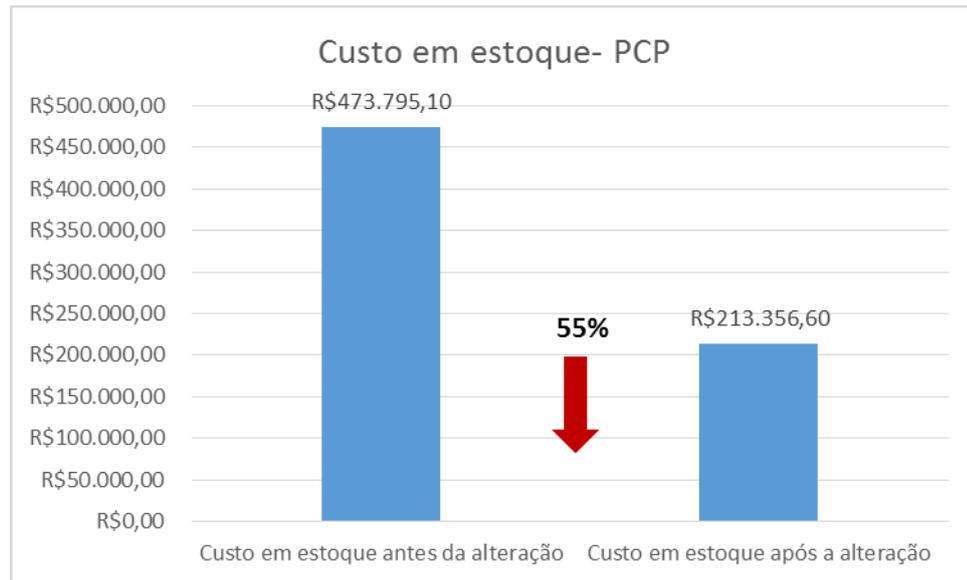


Gráfico 3- Custo em estoque de PCP

Estoque Acessórios

Com a diminuição do tamanho do lote e do número de cartões de Acessórios, foi possível reduzir 70% do custo em estoque dessas peças, considerando que todos os cartões foram produzidos e estão em estoque, conforme os dados apresentados na Tabela 3 e o Gráfico 4.

Tabela 3- Custo em estoque de Acessórios

Custo em estoque antes da alteração	R\$ 154.604,95
Custo em estoque após a alteração	R\$ 46.539,44
Percentual de redução	70%

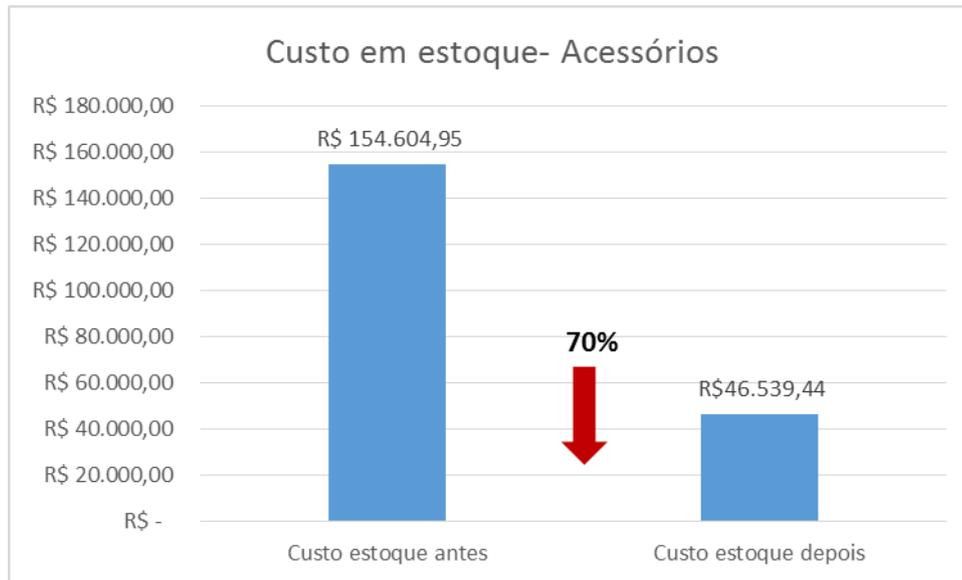


Gráfico 4- Custo em estoque de Acessórios

Estoque Bases

Com a diminuição do tamanho do lote e do número de cartões de Bases, foi possível reduzir 79% do custo em estoque dessas peças, considerando que todos os cartões foram produzidos e estão em estoque, conforme os dados apresentados na Tabela 4 e o Gráfico 5.

Tabela 4- Custo em estoque de Bases

Custo em estoque antes da alteração	R\$ 190.319,32
Custo em estoque após a alteração	R\$ 40.307,10
Percentual de redução	79%

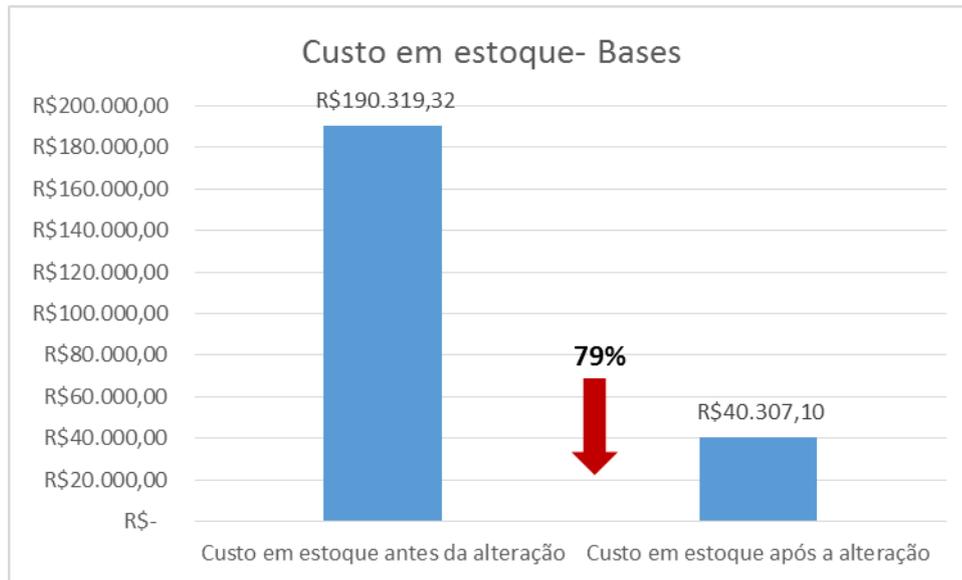


Gráfico 5- Custo em estoque de Bases

Geral

Tabela 5- Comparativos dos custos em estoque

	<i>PCP</i>	<i>Acessório</i>	<i>Base</i>	<i>Total</i>
Custo em estoque antes da alteração	R\$ 473.795,10	R\$ 154.604,95	R\$ 190.319,32	R\$ 818.719,37
Custo em estoque após a alteração	R\$ 213.356,60	R\$ 46.539,44	R\$ 40.307,10	R\$ 300.203,14
Percentual de redução	55%	70%	79%	63%

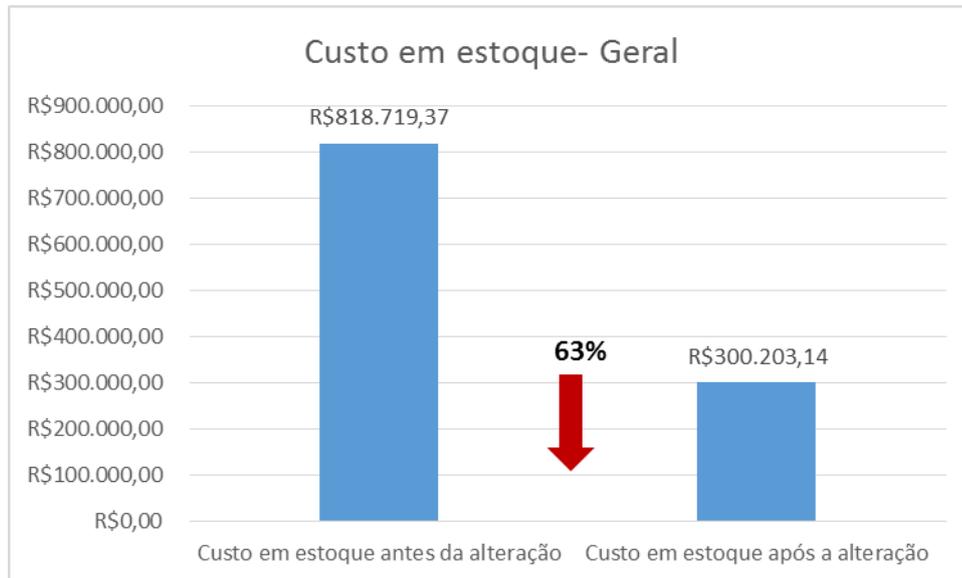


Gráfico 6- Custo em estoque geral

Os dados acima mostram a redução significativa dos custos em estoque, com uma diminuição de R\$ 518.516,23, valor este que pode ser investido em outras vertentes pela empresa. Essa redução foi possível graças a todas as melhorias que foram implantadas no setor, que deixaram a produção mais eficiente, conseguindo fazer com que seu fluxo de produção ficasse mais ágil.

A produtividade é outro indicador que mensura as melhorias implantadas no setor.

Anteriormente ao início do projeto, trabalhava-se com 18 soldadores nas células de produção, uma produção média mensal de 6598 acessórios/bases e uma produtividade de 2,1 acessórios/bases soldados por operador por hora.

Após o fim do projeto, houve uma diminuição gradativa na quantidade de operadores do setor de Solda, chegando a 10 soldadores, devido à uma rotatividade natural da empresa e alocação de mão de obra para outros setores, como o Desenvolvimento.

No fim do projeto e nos meses seguintes, o que observou-se é que a quantidade média de acessórios/bases continuou praticamente a mesma, apenas apresentado variações causadas pela demanda, porém não houve a necessidade de contratação de mais soldadores para o setor, ficando com apenas 10.

A Tabela 6 apresenta esses valores. Os dados apresentados são do mesmo período do ano dos dados levantados posteriormente a aplicação do projeto, para que alterações na demanda e sazonalidades não atrapalhassem a análise dos resultados.

Tabela 6- Indicadores Produtivos

	<i>Mês 6</i>	<i>Mês 7</i>	<i>Mês 8</i>	<i>Mês 9</i>	<i>Mês 10</i>	<i>Média</i>
Qtde acessórios/bases	4067	5583	7217	4994	6984	5769
Nº soldadores	10	10	10	10	10	10
Horas trabalhadas	1760	1760	1760	1760	1760	1760
Produtividade homem/mês	407	558	722	499	698	577
Produtividade h/homem	2,3	3,2	4,1	2,8	4,0	3,3

O Gráfico 7 apresenta as produtividades em relação à quantidade de peças produzidas por hora/homem trabalhada, após a aplicação do projeto.

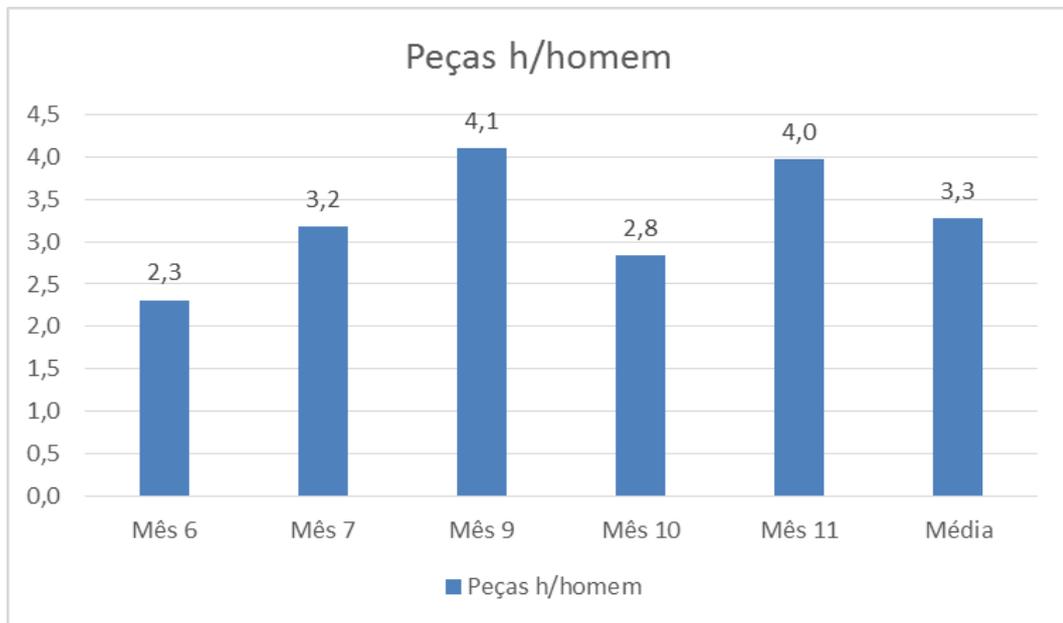


Gráfico 7- Produtividade pós projeto

Fazendo um comparativo com o valor das produtividades anteriormente a aplicação do projeto, é possível perceber a grande diferença. O Gráfico 8 apresenta esses valores.

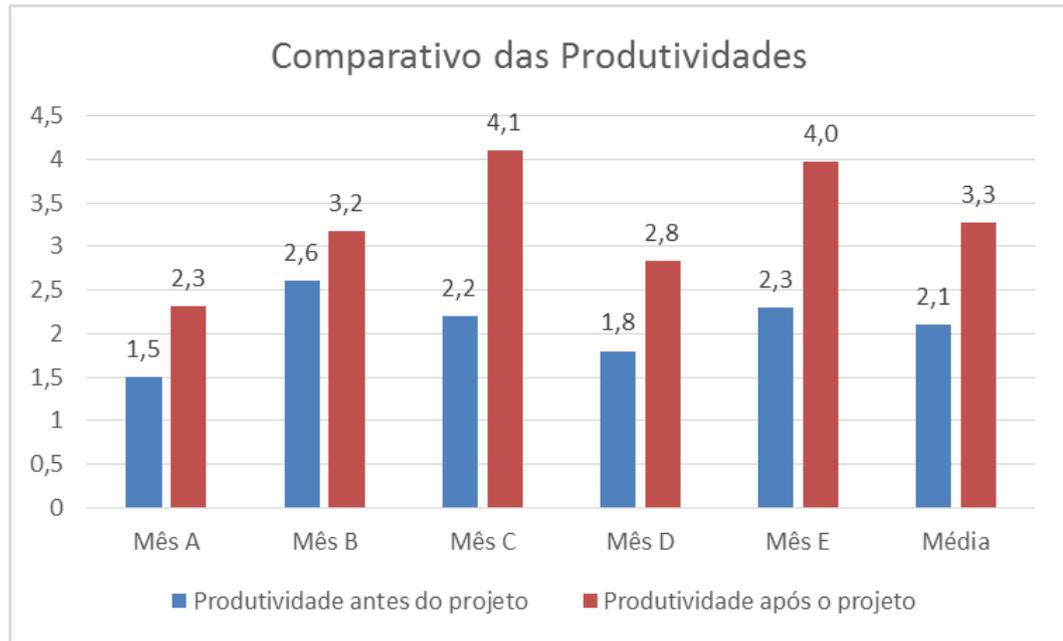


Gráfico 8- Comparativo das produtividades

Ou seja, o setor diminuir quase pela metade o número de soldadores e ainda manteve a mesma quantidade de acessórios/bases soldadas, porém o ganho em produtividade foi significativo, havendo um aumento de 36% de eficiência no setor, como mostra o Gráfico 9.

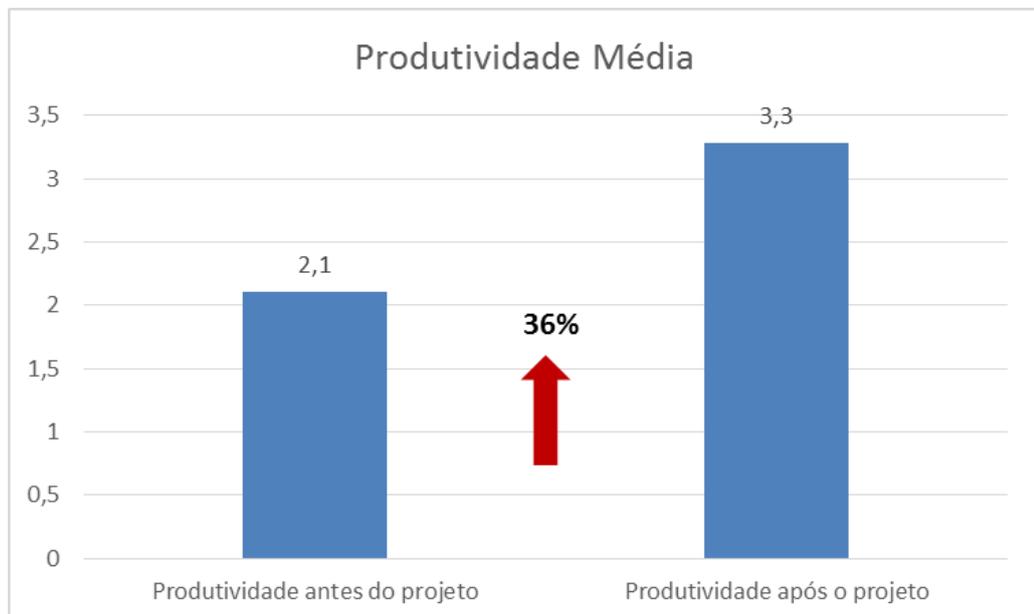


Gráfico 9- Ganho de produtividade

4.6. Barreiras Encontradas e Melhorias

Com a aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* no setor de solda, as melhorias foram visíveis e o setor tornou-se mais eficiente. Porém não foram todas as ferramentas e conceitos implantados que deram certo e tiveram continuidade dentro da empresa, tanto pela falta de cultura quanto pela adaptação das necessidades do setor.

A incorporação da cultura enxuta no setor foi um dos pontos mais difíceis de serem trabalhados, visto que para que as ferramentas e sistemáticas funcionassem, era necessária a colaboração e esforços de todos os envolvidos. O principal responsável por incentivar e direcionar para essas mudanças deveria ser o líder de produção do setor, porém o que observou-se é que ele não tinha problemas com a implantação de mudanças, mas sim com a manutenção e criação de uma cultura frente à essas mudanças. Para que as coisas funcionassem, foi preciso muita cobrança para que ocorressem como determinado. Porém, com o tempo, isso acaba se perdendo, por diversos fatores, o que fez com que algumas coisas não acontecessem mais como esperado.

Outro ponto foi a necessidade de adaptação de alguns conceitos no setor. No início do projeto foram levantados os problemas e as sistemáticas e ferramentas para tentar solucioná-los. Após a implantação dessas ferramentas, viu-se a necessidade de adaptação, pois algumas não estavam compatíveis com a realidade do setor. Assim, vão ocorrendo as melhorias na empresa, pois muitas vezes um novo método é implantado, porém no dia-a-dia ele não ocorre como esperado, por diversos fatores, então surge a necessidade de uma adaptação ou criação de uma nova melhoria em determinado ponto. O mais importante de tudo isso é estar sempre praticando esses pequenos *kaizens*, para que a empresa não estagne ou retroceda em relação aos seus processos.

Após o fim do projeto algumas mudanças já foram feitas. A sistemática de abastecimento das células de solda não estava ocorrendo como esperado e a programação através do quadro *Heijunka* não estava sendo feita, pelos dois motivos citados anteriormente, falta de cultura e não aplicabilidade para a realidade do setor, pois há uma certa dificuldade em programar o setor, devido aos imprevistos e inclusões de pedidos na programação semanal. Uma solução proposta para substituir o quadro e para que continuasse sendo feita essas programações é uma programação visual no próprio chão de fábrica. Haverá apenas um responsável pela separação dos kits de peças no almoxarifado, que deve fazer essa separação de um a dois dias antes, de acordo com a programação, para que o movimentador leve essas peças para um corredor exclusivo para o armazenamento desses kits, em frente aos boxes de solda. O gerente de

produção determina as prioridades de produção e qual soldador irá soldar determinado kit, o identificando com uma foto do soldador e o tempo previsto de processamento. Caso ocorra algum imprevisto, outro kit é colocado como prioridade e os soldadores realocados, caso precise.

O controle da qualidade é outro ponto que necessita de novas melhorias. As anotações das não conformidades estavam sendo feitas perante muita cobrança, que quando não era feita, acabavam esquecendo de fazer as anotações. Para melhorar esse controle e, principalmente, reduzir as ocorrências e dar tratativa para os erros ocorridos, algumas ações foram propostas. As não conformidades de solda são detectadas no próprio setor e também no setor de montagem, no qual também possui um quadro para anotações. Viu-se a necessidade de integração entre essas informações, para visualizar a porcentagem de erros que estavam passando para o processo seguinte, que no caso gera um maior retrabalho para reparo da peça, quando possível. Após o levantamento dessas informações, seriam selecionados os produtos com um maior número de não conformidades e abertos MASP's (Método de Análise e Solução de Problemas) para eles, de forma a realizar uma investigação mais completa das causas da não conformidade e levantar melhorias para o problema.

Outro ponto a ser trabalho é a incorporação de Instruções de Qualidade de Solda no setor, com fotos que servem como referência ao padrão de solda desejado, e junto a isso, uma peça servindo de modelo de solda. Como sugestão de trabalhos futuros, o próximo passo a ser dado em relação a qualidade é o levantamento dos custos que a não conformidade gera para a empresa, seja por perda de peças, retrabalho ou insatisfação do cliente, pois somente assim será dada maior importância para o controle das peças produzidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa no qual o trabalho foi desenvolvido apresentava muitas ineficiências em seu fluxo de produção, onde o departamento que apresentava maiores oportunidades de melhoria era o setor de Solda. Como alternativa para solucionar os problemas, foram aplicados conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*, visando a otimização dos fluxos, aumento da produtividade e redução dos estoques.

Inicialmente, foi feito um diagnóstico e análise das operações para levantar os pontos críticos do setor. Foi observado um grande volume de estoques por todo o setor, cruzamento de fluxos, desperdícios de movimento dos operadores, falta de uma programação e sequenciamento da produção e desorganização de um modo geral. Com esses pontos levantados, foi possível traçar os planos de melhoria, partindo da filosofia da produção enxuta.

As primeiras mudanças ocorreram no fornecimento de materiais para as células de produção, onde foi definida uma sistemática de abastecimento, juntamente com a definição do processo de programação da produção, garantindo uma maior agilidade para o departamento e integração entre as operações. Mudanças no *layout* produtivo também ocorreram, através da concentração de materiais em um único local, aumentando o espaço para o fluxo de materiais e garantindo uma maior organização para o setor. Uma célula de produção também foi destinada exclusivamente para a preparação de materiais para as outras células de solda, agilizando os processos principais.

Outras ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing* foram implantadas ou melhoradas. Foi realizado um treinamento com os operadores de solda sobre 5S, e posteriormente feita a aplicação da metodologia na prática, em todas as células de solda. Foi introduzido no setor uma sala dedicada para quadros de gestão visual, com o objetivo de divulgar informações sobre o setor e envolver os operadores e líderes com a gestão produtiva. Nesse ambiente foram dispostos, além dos quadros de indicadores, um quadro de programação *Heijunka*, para auxiliar na programação semanal, e tabelas de polivalência dos operadores. Quadros para anotações de não conformidades da produção e caixas para depósito dessas peças foram colocados no setor, de forma a haver um maior controle da produção e criar uma cultura pela qualidade.

Outra modificação foi a redução do tamanho do lote dos cartões *Kanban*, fazendo com o volume de peças em estoque diminuísse significativamente e outros pontos de melhorias ficassem aparentes, pois quando se diminui os estoques, outros problemas ficam visíveis.

O objetivo do projeto foi alcançado, pois a produção ficou mais ágil, o setor mais organizado e as operações integradas. Os resultados foram visíveis e comprovados quantitativamente. A produtividade do setor aumentou em 40% e a quantidade de peças em estoque diminuiu 63%, reduzindo um valor de R\$ 518.516,23 de peças paradas em estoque. Apesar dos resultados já obtidos, existem outras melhorias e trabalhos a serem desenvolvidos no futuro. Ao ponto que a eficiência produtiva foi alcançada, o próximo passo a ser dado é em direção a qualidade do produto, com um trabalho focado no maior controle e investigação das causas de não conformidades e na mensuração dos custos que a não qualidade gera para a empresa.

Após o fim do projeto, algumas das ações implementadas continuaram funcionando da forma esperada, porém outras não, seja por uma necessidade de adaptação ou pela simples falta de manutenção e cultura de continuidade. O mais interessante é conseguir entender que na implementação de um projeto, nem tudo que é aplicado funcionará da forma esperada ou será dado continuidade, e que as melhorias e adaptações de ferramentas devem ser constantes nos processos de uma empresa, buscando realizar algo sempre da melhor forma, reduzindo desperdício, aumentando a eficiência e trabalhando de forma enxuta e com qualidade.

6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

BALLOU, Ronald H.. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento.** São Paulo: Saraiva, 2003.

COTTRELL, Alan H.. **Introdução à metalurgia.** 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

DIAS, Marco Aurélio P.. **Administração de Materiais: uma abordagem logística.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GURGEL, Floriano do Amaral. **Logística Industrial.** São Paulo: Atlas, 2000.

LIKER, Jeffrey K.. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOURA, Reinaldo Aparecido. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção.** 7. ed. São Paulo: IMAM, 2007.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OISHI, Michitoshi. **TIPS: técnicas integradas na produção e serviços: como planejar, treinar, integrar e produzir para ser competitivo: teoria e prática.** São Paulo: Pioneira, 1995.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STEVENSON, William J.. **Administração das Operações de Produção.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196

