



Diogo Ariel Franken

**PROPOSTA DE BALANCEAMENTO EM UMA LINHA DE
SOLDAGEM DE UMA EMPRESA DO RAMO METAL
MECÂNICO**

Horizontina

2013

Diogo Ariel Franken

**PROPOSTA DE BALANCEAMENTO EM UMA LINHA DE SOLDAGEM
DE UMA EMPRESA DO RAMO METAL MECÂNICO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno da Silva, Mestre.

Horizontina

2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Proposta de Balanceamento em uma linha de soldagem de uma empresa do
ramo metal mecânico”**

Elaborada por:

Diogo Ariel Franken

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.

**Aprovado em: 03 / 12 / 2013
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Ms. Vilmar Bueno da Silva
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Engenheiro Mecânico. Vinícius W. Medeiros
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre me apoiou e especialmente a minha esposa Michele que sempre esteve junto comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por proporcionar todos esses anos de grandes lutas e vitórias e por sempre me acompanhar, indicando-me o melhor caminho!

Agradeço aos meus pais por terem me ensinado a nunca desistir e a perseguir nossos objetivos, aos amigos e principalmente a minha esposa Michele que sempre me ajudou, apoiando-me em todos os momentos da minha caminhada.

Agradeço a empresa que oportunizou esta pesquisa e as pessoas que me auxiliaram na construção deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre balanceamento de linha e agregação de valor, tendo como objetivo analisar e propor melhorias na linha de soldagem de uma empresa do ramo metal mecânico. Foram identificados o processo atual, os tempos e as tarefas, como também buscou-se, na avaliação dos resultados obtidos, realizar uma análise das atividades que agregam e não agregam valor ao processo, identificando assim as perdas do sistema produtivo. Para este trabalho utilizou-se a metodologia de estudo de caso, com o processamento dos dados obtidos através de tabelas e gráficos demonstrativos. Por fim, como resultado de todo o estudo e análise, este trabalho apresenta variações possíveis e mais produtivas ao processo e sugestões de melhorias para o balanceamento das operações e comparação da situação atual com os resultados obtidos pelas melhorias sugeridas.

Palavras-chave: Balanceamento. Análise do valor. Tempos de produção.

ABSTRACT

This paper presents a study on line balancing and value aggregation whose goal is to analyze and propose improvements in welding line of a mechanical metal company. The current process, its times and tasks were identified, It was also sought, in the evaluation of the results obtained, to carry out an analysis of the activities that add and do not add value to the process, thus identifying the losses of the production system. The case study methodology was used for this paper, with processing of data obtained through demonstrative charts and graphs of the results. Finally, as a result of the whole study and analysis, this paper presents possible and more productive variations to the process and suggestions for improvements to the best balance of operations, and a comparison of the current situation with the results obtained by the suggested improvements.

Keywords: Balancing. Value analysis. Production time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de processo desbalanceado	28
Figura 2 – Esquema de processo balanceado	29
Figura 3 – Operações que agregam valor ao produto	31
Figura 4 – Percentual das atividades que agregam valor para as células	46
Figura 5 – Agregação de valor percentual das atividades	47
Figura 6 – Valores do mix de produção atual	48
Figura 7 – Fluxograma do processo produtivo	49
Figura 8 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 1	49
Figura 9 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 2	50
Figura 10 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 3	50
Figura 11 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 4	51
Figura 12 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 5	51
Figura 13 – Percentual de atividades que não agregam valor	52
Figura 14 – Valores dos mix de produção propostos	53
Figura 15 – Alterações e programação para melhorias propostas	54
Figura 16 – Alterações e novos valores para melhorias propostas	55
Figura 17 – Comparação entre atividades para a célula 1	56
Figura 18 – Comparação entre atividades para a célula 2	57
Figura 19 – Comparação entre atividades para a célula 3	57
Figura 20 – Comparação entre atividades para a célula 4	58
Figura 21 – Comparação entre atividades para a célula 5	59
Figura 22 – Comparação entre atividades para todas as células	60
Figura 23 – Carro kit	61
Figura 24 – Carro de aproximação	62
Figura 25 – Alterações no layout	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção na célula 1	37
Tabela 2 – Produção na célula 2	37
Tabela 3 – Produção na célula 3	38
Tabela 4 – Produção na célula 4	38
Tabela 5 – Produção na célula 5	39
Tabela 6 – Recursos e tempos na célula 1	39
Tabela 7 – Recursos e tempos na célula 2	40
Tabela 8 – Recursos e tempos na célula 3	40
Tabela 9 – Recursos e tempos na célula 4	41
Tabela 10 – Recursos e tempos na célula 5	41
Tabela 11 – Total de recursos e tempos para produção de cada modelo	42
Tabela 12 – Recursos totais para cada célula	42
Tabela 13 – Resultados obtidos.....	43
Tabela 14 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 1	43
Tabela 15 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 2	44
Tabela 16 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 3	44
Tabela 17 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 4	45
Tabela 18 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 5	45
Tabela 19 – Valores totais obtidos de atividades para a agregação de valor	46
Tabela 20 – Resultados obtidos.....	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	MENTALIDADE ENXUTA NAS EMPRESAS	14
2.2	TEMPOS DE PRODUÇÃO	15
2.2.1	TEMPO DE CICLO.....	16
2.2.2	TEMPO NORMAL.....	16
2.2.3	TEMPO PADRÃO	18
2.2.4	TEMPO DE RESSUPRIMENTO	20
2.2.5	TEMPO TAKT	21
2.3	ANÁLISE DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....	23
2.3.1	ESTUDO DOS TEMPOS	23
2.3.2	ESTUDO DOS MOVIMENTOS	24
2.4	O BALANCEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO.....	25
2.4.1	A PRODUTIVIDADE.....	27
2.4.2	O BALANCEAMENTO.....	28
2.5	MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO	29
2.6	PERDAS DO SISTEMA PRODUTIVO	31
3	METODOLOGIA	34
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	34
3.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	35
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	36
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO ATUAL.....	36
4.1.1	PROGRAMAÇÃO ATUAL DA PRODUÇÃO.....	36
4.1.2	TEMPOS E RECURSOS DA PRODUÇÃO	39
4.1.3	PRODUTIVIDADE, RESTRIÇÃO E <i>TEMPO TAKT</i>	42
4.1.4	MIX DE PRODUÇÃO E AGREGAÇÃO DE VALOR	43
4.1.5	PERDAS DO SISTEMA PRODUTIVO.....	51
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO PROPOSTA.....	52
4.2.1	PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO PROPOSTA.....	52
4.2.2	COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES AGREGADOS E PRODUTIVIDADE.....	56

4.3	MELHORIAS PROPOSTAS.....	60
4.3.1	REDUÇÃO DE PERDAS: MOVIMENTAÇÃO.....	61
4.3.2	DESBALANCEAMENTO DAS CÉLULAS	62
5	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Hoje as organizações precisam de um sistema produtivo capaz de gerar alterações com agilidade, sempre aproveitando todos os seus recursos sob o menor custo e com a melhor qualidade possíveis. O aperfeiçoamento do processo produtivo é uma meta perseguida constantemente por todas as empresas, pois se tornou fundamental atingir níveis elevados de produtividade.

Diante deste cenário, o balanceamento da produção e das operações torna-se fundamental na administração da produção, na agilidade de adaptações e na busca pela produtividade. Para as organizações tornou-se essencial um sistema produtivo sincronizado com a sua demanda, de forma a garantir o melhor emprego dos seus recursos. Esse objetivo pode ser alcançado com a aplicação do balanceamento das linhas de produção, sendo que balancear é igualar os tempos de processamento.

A análise do balanceamento de operações é um fator empresarial com grande histórico de sucesso e com bons resultados quando aplicada nas mais diversas empresas, exigindo conhecimento do processo, das operações envolvidas, das tarefas e ferramentas, assim como da estratégia da organização e da sua visão e planos para o futuro.

Este estudo tem como principal objetivo a realização de uma proposta de aprimoramento do balanceamento de uma linha de soldagem de uma empresa do ramo metal mecânico, tendo-se como objetivos específicos:

- a) identificar o processo atual, analisando as tarefas e tempos;
- b) avaliar os resultados obtidos e identificar perdas;
- c) definir as melhorias pertinentes ao processo com a utilização de técnicas de balanceamento de operações.

Com base no exposto, apresenta-se como problema de pesquisa: “A proposta de balanceamento na linha de soldagem resulta no aumento da capacidade e na redução das perdas?”.

O desenvolvimento deste trabalho traz benefícios para a empresa, como a redução de custos e sugestões de melhorias, mas principalmente proporciona uma experiência fundamental para o acadêmico do curso de Engenharia de Produção, o

qual teve a oportunidade de desenvolver e aplicar o conhecimento e as teorias estudadas e analisadas, o que lhe trouxe desenvolvimento e crescimento pessoal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura deste estudo é focada em conceitos que permitem o entendimento e o desenvolvimento dos objetivos propostos neste trabalho. Os temas abordados foram extraídos e descritos de acordo com a mentalidade enxuta, que é a mentalidade aplicada na empresa do estudo.

2.1 MENTALIDADE ENXUTA NAS EMPRESAS

O pensamento enxuto foi desenvolvido na Toyota por Taiichi Ohno (1912-1990) e essencialmente tende à eliminação dos desperdícios durante as operações, visando fazer cada vez mais com cada vez menos (WOMACK E JONES, 1998).

Desperdício é conhecido pelos japoneses como muda, isto é, atividades que demandam recursos, mas não agregam valor. Womack e Jones (1998, p. 03), conceituam desperdício como:

Desperdícios são erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias no estoque, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para o outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Segundo Lean Institute Brasil (1998), com o intuito de eliminar esses desperdícios, a metodologia Lean baseia-se nos cinco princípios do Pensamento Enxuto, os quais foram disponibilizados e descritos pelo Lean Institute Brasil (2007) como sendo:

1 – Valor: o ponto de partida para a mentalidade enxuta consiste em definir o que é Valor. Não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

2 – Fluxo de Valor: o próximo passo consiste em identificar o Fluxo de Valor. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor; aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e por fim, aqueles que não agregam valor, os quais devem ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor, pois olham para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final.

3 – Fluxo Contínuo: deve-se dar "fluidez" para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas que pensam a produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir fluxo contínuo com as etapas restantes é uma tarefa difícil do processo e seu efeito imediato pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques.

4 – Produção Puxada: isso permite inverter o fluxo produtivo. As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovando estoques) através de descontos e promoções. O consumidor passa a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de estoques e valorizando o produto. Sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, conectam-se os processos através de sistemas puxados.

5 – Perfeição: objetivo constante de todos os envolvidos. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes, etc.) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor (LEAN INSTITUTE BRASIL, 1998).

2.2 TEMPOS DE PRODUÇÃO

De acordo com Blati et al. (2010), na produção devem-se considerar diversos tempos a serem tomados. Observa-se também que esses mesmos tempos sofrem a influência da demanda e do ritmo de produção, o que varia de operador a operador,

da fadiga que ocorre diante das situações de trabalho, dentre outros fatores apresentados mais adiante. Os tempos considerados pelo pensamento enxuto são apresentados a seguir.

2.2.1 Tempo de ciclo

Tempo de ciclo é o tempo em que a linha irá fornecer um produto acabado, ou seja, a cada “x” tempo terá um produto acabado no final da linha de montagem. “É o tempo máximo permitido para cada estação de trabalho antes que a tarefa seja passada para a estação seguinte” (PEINADO & GRAEMI, 2007, p. 206).

O TC pode ser resumido como a duração de execução de uma determinada atividade. Stevenson (2001, p. 208) define como sendo:

O tempo máximo permitido em cada estação de trabalho para a realização das tarefas, antes do deslocamento do trabalho para a estação seguinte. O tempo de ciclo também estabelece a velocidade de produção de uma linha.

Para Laugeni e Martins (2002), o tempo de ciclo é o intervalo entre a liberação de duas pessoas em uma linha de montagem. Para uma máquina ou equipamento, o tempo de ciclo é o tempo-padrão, ou seja, é o tempo necessário para a execução de determinada tarefa em uma peça.

Porém, para Blati et al (2010, p. 23), “quando se trata de uma linha de produção devem ser consideradas as relações entre os equipamentos e as operações para que seja definido o tempo de ciclo”. Dessa forma, podemos definir também que “o tempo de ciclo em uma linha de produção equivale ao tempo de operação na máquina ou posto mais lento – o gargalo” (BLATI et al., 2010, p. 23).

2.2.2 Tempo normal

De acordo com Barnes (1999) apud Blati et al. (2010, p. 24), o “tempo normal é o tempo necessário para que um operador qualificado execute a operação, trabalhando em um ritmo normal, sem levar em consideração tolerância alguma”. Porém, segundo os autores, ao longo do dia o trabalho do operador sofre

interrupções, algumas por necessidades pessoais e outras por motivos alheios à sua vontade.

Moreira (2002) conceitua o tempo real como o tempo em que uma atividade está sendo efetivamente realizada, dependendo, portanto, do operador que está executando a atividade e também da situação em que o mesmo se encontra.

Para a avaliação de ritmo dos tempos, Slack et al. (2002, p. 288) fazem a seguinte observação:

Processo de avaliar a velocidade de trabalho do trabalhador relativamente ao conceito do observador a respeito da velocidade correspondente ao desempenho padrão. O observador pode levar em consideração, separadamente ou em combinação, um ou mais fatores necessários para realizar o trabalho, como a velocidade de movimento, esforço, destreza, consistência, etc.

Blati et al (2010, p. 24), afirmam ainda que durante a tomada do tempo o operador que está sob avaliação pode trabalhar com variação do seu ritmo normal, sendo que o ritmo normal “é o ritmo que um operador pode manter diariamente, sem fadiga e com um esforço razoável”.

Com relação á velocidade em que um operador trabalha, Moreira (2002) afirma que quando o operador trabalha em ritmo normal, dizemos que a sua eficiência é de 100%, tendo-se que:

Eficiência = 100% - Velocidade Normal;

Eficiência > 100% - Velocidade Acelerada;

Eficiência < 100% - Velocidade Lenta.

Essa avaliação do ritmo é subjetiva e fica a critério do cronoanalista. Logo, o “Tempo Normal” é o Tempo Real corrigido pelo ritmo do operador (BLATI et al. 2010), conforme Equação 1.

$$TN = TR \times \left(\frac{EF}{100} \right) \quad (1)$$

Onde: TR = Tempo real

TN = Tempo normal

EF = Eficiência do operador

2.2.3 Tempo padrão

Segundo Barnes (1999), o tempo padrão é o número padronizado de minutos que um operador qualificado, treinado e experiente necessita para realizar determinada tarefa, trabalhando em ritmo e condições normais.

Dessa forma, tempo padrão é o tempo necessário para a finalização de um ciclo de operação realizada com um determinado método, a uma certa velocidade arbitrária de trabalho e com previsão de demoras e atrasos independentes do operador (KRICK, 1976).

Blati et al (2010, p. 25) descrevem o tempo padrão como sendo:

É o tempo considerado adequado para produzir um item, considerando a preparação do equipamento, o tempo efetivo de produção e levando-se em conta, também, algumas tolerâncias como fadiga do operador e paradas eventuais (necessidades fisiológicas e limpeza da máquina, são exemplos).

Conforme Moreira (2002), o Tempo Padrão é o tempo necessário para a produção de um determinado item, sendo fundamental porque, a partir deste dado é que será possível determinar a eficiência do operador em relação a capacidade de produção ou capacidade projetada. De acordo com o autor, o tempo padrão é normalmente adotado como uma meta de produtividade, sendo um indicador para a análise e correção de falhas.

Blati et al. (2010) explicam que ao conhecer quantidade de equipamentos e funcionários disponíveis e os tempos-padrão, é possível estabelecer as metas de produção para os períodos (dia, semana, mês). As metas de produção são fundamentais para que a fábrica realize sua função de produzir com alto desempenho, ou seja, produzir de forma que a ociosidade seja mínima e a taxa de utilização do tempo disponível seja próxima a 100%. Com essas metas estabelecidas é possível acompanhar se cada lote foi realizado dentro do seu tempo ideal, sendo possível ainda identificar a produção de acordo com a meta e, em casos de desvios, atuar corretivamente. Quando uma empresa desconhece os tempos-padrão não consegue estabelecer as metas de produção ou então as estabelece com alto grau de erro.

Moreira (2002) afirma que para definirmos o Tempo Padrão devemos:

a) dividir a operação em atividades (não dá pra cronometrar uma operação

muito grande);

- b) estabelecer quantos ciclos serão cronometrados;
- c) analisar a V (velocidade) ou ritmo médio do operador.

Durante a operação ocorrem algumas interferências e quedas no ritmo da produção, que são consideradas como tolerâncias ou tempos de não produção. Moreira (2002) as descreve como:

a) Tolerância pessoal (TP): necessidades pessoais do operador. Em média, utiliza de 2 a 5% do tempo da operação.

b) Tolerância por fadiga (TF): essa indicação é usada para operações que necessitem dos operadores esforços muito grandes (trabalho pesado). Nesses casos, utiliza-se de 15 a 25% na indústria, em exposição a ambientes com ruídos, iluminação inadequada, etc., e 5% em escritórios.

c) Tolerância para tempo de espera (TE): ocorre quando necessidade de manutenção não programada para máquinas com mau funcionamento, quebradas, ou ainda falhas nas ferramentas, parada por falhas acusadas pelos inspetores da qualidade e/ou auditores. A porcentagem é definida com base nos controles de produção, ou seja, estabelece-se uma média de ocorrências em um determinado período.

“Estes tipos de esperas podem ser determinados por meio de estudos contínuos ou de amostragem do trabalho, feitas ao longo de um período de tempo suficientemente grande para validar os valores encontrados” (PEINADO & GRAEMI, 2007, p. 103).

Para determinar o tempo padrão de qualquer operação é preciso antes conhecer o tempo real e o tempo normal (MOREIRA, 2002).

De acordo com Barnes (1999) o tempo-padrão é igual ao tempo normal mais as tolerâncias, ou seja, com base no tempo normal (TN) médio e tolerâncias, pode-se estabelecer a fórmula para o tempo-padrão (TP), conforme Equação 2.

$$TP = TN \times [1 + (Tp + Tf + Te)] \quad (2)$$

100

Onde: TP: tempo padrão

TN: tempo normal

Tp: tolerância pessoal
 Tf: Tolerância por fadiga
 Te: tolerância para espera

Blati et al.(2010) destaca que é importante avaliar, também, se o tempo obtido é significativo, ou seja, se a amostra utilizada corresponde ao que ocorre na fábrica.

2.2.4 Tempo de ressurgimento

O Tempo de ressurgimento, conforme George (2004, p. 35) “é o tempo que você leva para entregar seu serviço ou produto uma vez disparado o pedido”. Corrêa e Giansesi (1993, p.110) definem que:

O *lead time*, ou tempo de ressurgimento de um item, é o tempo necessário para seu ressurgimento. Se um item é comprado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a colocação do pedido de compra até o recebimento do material comprado. Se trata-se de um item fabricado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a liberação de uma ordem de produção até que o item fabricado esteja pronto e disponível para uso.

Em sua tradução para o português, o “tempo de conduzir” é considerado por Blati et al (2010) o tempo total entre o início de um processo e o final. “Indica o tempo que o fornecedor demora a entregar um pedido de compra, quando se trata de item comprado, ou o tempo de produção, quando o item é fabricado internamente” (PEINADO & GRAEMI, 2007, p. 206).

Podemos afirmar ainda que:

O *lead time* de um produto é padronizado pela empresa que o produz. Para que essa definição seja feita deve-se considerar a demanda do produto, sua capacidade de produção, o *lead time* dos fornecedores de matéria-prima e o *lead time* administrativo para que o produto esteja pronto com nota fiscal emitida (BLATI et al., 2010, p. 27).

Blati et al (2010) divide o tempo de ressurgimento total de um produto em diversos *lead times*, sendo eles:

a) de colocação do pedido: após recebimento da ordem de compra do cliente, a área comercial possui um *lead time* para a colocação do pedido no sistema;

b) de liberação do pedido no financeiro: dependendo do valor total do pedido e a forma de pagamento, torna-se necessário que o pedido seja liberado pelo setor financeiro da empresa em um prazo determinado;

c) de produção: após receber um pedido, a produção possui um lead time de três dias para que o pedido seja entregue à expedição;

d) de expedição: ao receber o pedido completo, a expedição necessita de um prazo para embalagem e emissão de nota fiscal.

De forma resumida, pode-se definir o lead time como o tempo que o cliente enxerga para que possa receber o produto.

É importante ressaltar a afirmação de Slack et al.(2008, p. 367):

Processos longos causam desperdícios, atrasos e acúmulo de estoques. Processos fisicamente reconfigurados para reduzir a distância percorrida e a cooperação entre a equipe podem ajudar a enxugar o fluxo. Da mesma forma, assegurar a visibilidade do fluxo ajuda a fazer melhorias para facilitar o fluxo.

Ou seja, quanto menor o lead time de uma empresa mais rápido ocorrerá a conclusão dos produtos e, logicamente, os prazos de entrega melhoram. Da mesma forma, um lead time reduzido implica a diminuição de estoques intermediários e em seus custos.

2.2.5 Tempo Takt

Conforme Blati et al. (2010) o termo Takt Time tem origem alemã, mais especificamente, na indústria aeronáutica alemã, que na década de 1930 utilizava o termo em referência ao intervalo de tempo necessário para transportar uma aeronave para a próxima estação de produção. Conforme os autores, Takt significa ritmo, sendo, portanto, a relação entre o tempo disponível para fabricação de um determinado item e a sua demanda.

Lean Enterprise Institute (2007) afirma que o tempo Takt é obtido através da divisão do tempo que a produção tem para fabricar as peças pela demanda do seu cliente. Pode-se demonstrar o seu cálculo da seguinte forma (Equação 3):

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível no período}}{\text{Demanda do mercado no período}} \quad (3)$$

A metodologia Lean busca a igualdade entre tempo de ciclo e takt time. Takt nada mais é do que o ciclo ideal, baseando-se na necessidade do mercado. Womack e Jones (1998, p. 391) conceituam tempo takt da seguinte maneira:

Tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente. Por exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o tempo Takt será de dois minutos; se o cliente quiser que sejam projetados dois novos produtos por mês, o tempo takt será de duas semanas. O tempo takt define o ritmo de produção de acordo com o índice de demanda do cliente, tornando-se a pulsação de qualquer sistema enxuto.

Portanto, o tempo takt é um fator que dita o ritmo da produção, sendo que nos sistemas produtivos, quanto maior a otimização, redução de tarefas que não agregam valor, quanto mais enxuto for o processo, menor poderá ser o takt time.

Conforme Blati et al. (2010, p. 29) pode-se concluir que o tempo Takt:

É o ritmo que a produção deve seguir para atender à demanda (o *Takt time* definido se torna referência única para todo o sistema de produção). Por isso, é necessário um compromisso mútuo entre todas as áreas envolvidas: Vendas, Marketing, Produção, Manutenção e Suprimentos. Um ritmo de produção mais rápido gera estoques, ao ponto que um ritmo de produção mais lento pode gerar diversos desequilíbrios na produção, tais como refugos, retrabalhos, horas extras, etc. O objetivo do *Takt time* é, portanto, adequar a produção à demanda – e não o oposto.

Após o cálculo do Takt time, deve-se compará-lo com o Tempo de Ciclo. Caso o Takt time calculado for igual ou superior ao tempo de ciclo, o processo atende a demanda; do contrário, deve-se buscar a redução do Tempo de Ciclo, de maneira que ele seja, no mínimo, igual ao Takt time calculado.

Blati et al. (2010) afirmam que ao abordar o Takt time, é fundamental considerar a capacidade de produção e suas restrições, pois, ao definir-se um takt podemos identificar que o ritmo necessário não é suportado pelo sistema de produção atual. Nesses casos, é necessária então a adoção de medidas para

adequar a produção à demanda solicitada, e uma dessas medidas é o balanceamento de operações.

2.3 ANÁLISE DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Conforme Rocha (1995), a finalidade do estudo dos tempos e movimentos é a busca pela melhor maneira de realização das tarefas, tanto de máquinas como de pessoas, com foco na redução ou eliminação (se possível) da ociosidade e das atividades desnecessárias.

O estudo de tempos, movimentos e métodos aborda técnicas que submetem a uma detalhada análise cada operação de uma dada tarefa, com o objetivo de eliminar qualquer elemento desnecessário à operação e determinar o melhor e mais eficiente método para executá-la (PEINADO & GRAEMI, 2007, p. 88).

Segundo Barnes (1999), o estudo de tempos e movimentos é um estudo dos sistemas de trabalho, que tem como principais objetivos:

- a) Determinar a melhor forma de executar as tarefas, o que está associado na maioria das vezes ao custo inferior;
- b) Determinar uma padronização para as atividades, considerando sempre a melhor maneira de executar;
- c) Conhecer o tempo necessário para uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando com ritmo normal, realizar determinada operação;
- d) Fornecer treinamento aos operadores sobre como trabalhar utilizando a melhor maneira.

Para melhor análise desse tema, o mesmo é dividido em estudo de tempos e estudo dos movimentos.

2.3.1 Estudo dos tempos

Moreira (2002) aborda o conceito de medir o trabalho como sendo um período de tempo necessário para concluir determinada operação. Podemos definir, portanto, que estudo de tempo é a determinação, com o uso de um cronômetro, do tempo necessário para se realizar uma tarefa. Segundo Slack et al. (2008, p. 287):

Estudo do tempo é uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especificadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho.

De acordo com Blati et al. (2010), além de procurar estabelecer a melhor forma de se desempenhar um determinado trabalho, o estudo dos tempos tem como objetivos:

- a) Estabelecer padrões que serão utilizados na elaboração de programas de produção;
- b) Determinar a capacidade produtiva da empresa;
- c) Determinar o tempo necessário de produção para atender à demanda;
- d) Determinar o valor da mão-de-obra direta para cálculo do custo do produto;
- e) Fornecer dados para o estudo de balanceamento de operações.

Podemos afirmar que o estudo de tempos é considerado por muitos autores como uma ferramenta muito útil para prover o aumento da eficiência de uma fábrica (BARNES, 1999).

2.3.2 Estudo dos movimentos

O estudo dos movimentos é a determinação da “melhor maneira” de realizar uma tarefa, enquanto o estudo de tempos consiste na determinação do tempo-padrão para a realização de tal tarefa (BARNES, 1999). Para Laugeni & Martins (2002), os principais objetivos do estudo dos tempos são:

- a) Definir padrões para os programas de produção;
- b) Disponibilizar dados para definir custos padrões;
- c) Ter uma estimativa do custo de produtos novos;
- d) Disponibilizar dados que possibilitem o balanceamento da produção.

Conforme a descrição de Rocha (1995), o estudo dos movimentos é chamado também de métodos de trabalho, os quais representam dados qualitativos, enquanto que o estudo dos tempos fornece os dados quantitativos.

2.4 O BALANCEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO

Em um sistema de produção, é importante possuir as máquinas adequadas para a produção, porém é fundamental a disposição das mesmas em sequência lógica dentro do processo produtivo, assim como a equivalência de suas capacidades (ROCHA, 1995).

De acordo com Fernandes e Dalalio (2000), o balanceamento da produção é um campo de pesquisa já consolidado que surgiu, na verdade, após a construção da primeira linha de montagem movida por meios mecânicos, a linha do Ford T criada em 1913 por Henry Ford.

O balanceamento de uma linha de produção consiste na atribuição de tarefas de forma que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para execução das tarefas a elas designadas (PEINADO & GRAEMI, 2007, p. 198).

Para Assis (2011), uma linha de produção consiste no conjunto de postos ou estações de trabalho “cuja posição é fixa e cuja sequência é ditada pela lógica das sucessivas operações a realizar e descritas na gama operatória”, sendo que um posto de trabalho pode ser constituído por um único Operador ou por vários Operadores. Dessa maneira, o balanceamento de uma linha de produção “consiste em distribuir a carga das várias operações o mais uniformemente possível pelos vários Postos de Trabalho”.

A tarefa do balanceamento de linha é a de atribuir as tarefas aos postos de trabalho de forma a atingir uma dada taxa de produção, e de forma que o trabalho seja dividido igualmente entre os postos (MOREIRA, 2000, p. 412).

Dessa forma, balancear uma linha é atribuir tarefas às estações de trabalho, buscando a otimização de uma medida de desempenho, sendo que, comumente, a medida de desempenho relaciona-se ou com o número de estações (minimizando os custos de produção) ou com o tempo de ciclo (elevando a taxa de produção por eliminar tempos ociosos nas estações) (FARNES e PEREIRA, 2006). De fato, Assis (2011) afirma que o balanceamento de uma linha constituída por muitas operações para processamento de um produto consiste em encontrar a solução para uma das duas seguintes alternativas:

- a) Dado um tempo de ciclo, determinar o número mínimo necessário de postos de trabalho;
- b) Dado um número de postos de trabalho, determinar o tempo de ciclo mínimo possível.

Almeida et al.(2006) afirma que balancear linhas significa equiparar os tempos numa linha de produção ou montagem, dando a mesma carga de trabalho às pessoas ou máquinas em um fluxo de produção. O balanceamento tende a eliminar gargalos e esperas, proporcionando o máximo de produtividade e eficiência.

A finalidade do balanceamento é fazer com que uma atividade subsequente produza a mesma quantidade de uma precedente, de modo, a equilibrar a carga e a capacidade e reduzir os estoques intermediários no processo (SILVA et al., 2007).

Desta forma, pretendem-se tornar o fluxo produtivo contínuo e as filas as menores possíveis entre os postos de trabalho. As características do balanceamento de linhas de produção, de acordo com Maziero (1990), são:

- a) Determinar uma razão de produção;
- b) Manter a produção uniforme, sem cumes e vales;
- c) Aumentar a produtividade pela redução da descontinuidade no trabalho;
- d) Tirar benefícios da repetitividade do trabalho;
- e) Otimizar o emprego dos recursos;
- f) Encurtar a duração do projeto pela alocação racional dos recursos.

Para Maziero (1990), o balanceamento das linhas de produção impõe um ritmo de execução às atividades repetitivas, que é função do prazo a ser cumprido, ou é função de ritmos ditos naturais, sendo na verdade baseados em uma taxa de produtividade adotada pelo planejamento. Em ambas as situações não existe a consideração devida dos tempos de recuperação do trabalhador e nem são consideradas variações de produtividade ao longo do tempo.

Portanto, o objetivo fundamental do balanceamento é impor ritmos à produção, definindo quantas unidades ou lotes estarão concluídos em um determinado tempo, permitindo o estudo do reaproveitamento de equipes, uma melhor programação e redução de interrupções do trabalho, sempre buscando a melhora da produtividade.

2.4.1 A produtividade

De acordo com Silva (2009) no ano de 1799, Quesnay, economista francês, fez o uso pela primeira vez do termo produtividade, sendo que apenas depois de alguns séculos, no ano de 1833, Litre, outro economista francês, utilizou novamente o termo, aplicando o sentido de “capacidade para produzir”. Para o autor, “somente no século XX o termo assumiu o significado da relação do que é produzido (output) e recursos empregados para sua produção (input)” (SILVA, 2009). Ao se fazer uma análise dos termos, teremos duas definições básicas:

Produtividade parcial: é a relação entre o que foi produzido e o consumido (recursos utilizados). Assim, a produtividade da mão-de-obra é uma medida de produtividade parcial.

Produtividade total: é a relação entre o output total e a soma de todos os fatores de input. Assim, reflete o impacto conjunto de todos os fatores de input na produção do output (SILVA, 2009, p. 19).

Para Laugeni & Martins (2002), define-se como produtividade a relação entre o valor do produto ou serviço produzido e o custo dos insumos para produzi-lo.

Produtividade é minimizar cientificamente o uso de recursos materiais, mão-de-obra, máquinas, equipamentos, etc., para reduzir custos de produção, expandir mercados, aumentar o número de empregados, lutar por aumentos reais de salários e pela melhoria do padrão de vida, no interesse comum do capital, do trabalho e dos consumidores. (AZEVEDO, 2009, p. 2).

A análise voltada à produtividade não serve apenas para otimizar, como também, permitir a implantação, o controle e o acompanhamento no tempo de atividades realizadas pela empresa. Assim, a produtividade passa a ser medida em função da eficiência, eficácia e desempenho da empresa (SEVERIANO FILHO, 1995)

Porém, para o estudo da real produtividade de uma empresa não basta fazer a divisão entre output e input, pois há vários fatores que influenciam a produção de uma empresa, e conseqüentemente, a produtividade. Podemos afirmar ainda que a produtividade é expressa pela Equação 4:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Qtde de modelos por semana} \times \text{tempo total (horas)}}{\text{Qtde de recursos (pessoas)} \times 44 \text{ horas}} \quad (4)$$

O responsável pelo balanceamento de uma linha deve levar em consideração essas influências externas que podem prejudicar a produtividade, podendo inclusive interferir na redistribuição dos tempos durante o balanceamento, gerando limites para execução das tarefas.

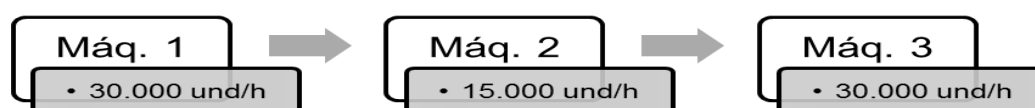
2.4.2 O balanceamento

Sobre o balanceamento da produção, Shingo (1996) afirma que é fundamental que a capacidade (é a aptidão que a máquina e o operador tem de finalizar o trabalho proposto) e a carga (volume de trabalho que deve ser realizado) estejam equilibradas. De fato, o Sistema Toyota de Produção utiliza o termo “balanceamento” para descrever esse equilíbrio (SHINGO, 1996, p. 157).

Para Shingo (1996), o objetivo do balanceamento da produção é fazer com que todos os processos tenham a capacidade de produzir o mesmo volume que o processo seguinte. Para que um sistema produtivo seja operado com máxima eficiência, todas as máquinas e processos devem ter a mesma capacidade (SLACK et al., 2002).

Na Figura 1 podemos analisar uma linha de produção sem balanceamento.

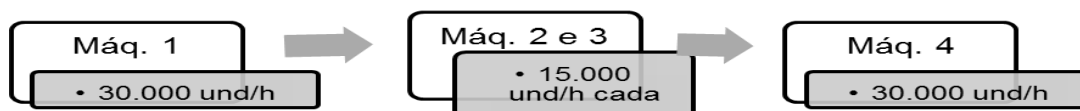
Figura 1 – Esquema de processo desbalanceado



Fonte: Adaptado de Rocha, 1995.

Já, a figura 2 representa um esquema de linha de produção balanceada.

Figura 2 – Esquema de processo balanceado



Fonte: Adaptado de Rocha, 1995.

Dessa forma, podemos afirmar que em uma linha balanceada todas as máquinas têm a mesma capacidade produtiva ou capacidades equivalentes, o que possibilita que todas operem em sequência, sem máquinas ociosas nem superlotadas de produtos para processar (ROCHA, 1995).

Conforme ressalta Rocha (1995), um balanceamento é realizado pelo cálculo dos tempos que cada máquina ou operação necessita para produzir uma unidade. Quando todas as máquinas e operações do sistema produtivo estiverem operando em tempos aproximados, temos uma linha balanceada. Em contrapartida, um sistema produtivo não balanceado é caracterizado por máquinas e operações com níveis e tempos de produção muito diferentes.

2.5 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Para Shingo (1996, p. 259) “atividades de produção são redes de processos e de operações”, sendo cada processo considerado um fluxo de material. O processo é a transformação da matéria-prima em produtos semi-acabados, e as operações são os trabalhos realizados para efetivar essa transformação – a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço. Para um melhor entendimento, Shingo (1996, p. 260) faz uma diferenciação entre processos e operações:

Processos (eixo Y): A cadeia de eventos durante os quais a matéria-prima é transformada em produtos.
Operações (eixo X): A cadeia de eventos durante os quais trabalhadores e máquinas trabalham nos itens.

De acordo com Shingo (1996, p. 37) “para realizar melhorias significativas no processo de produção, devemos distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de

trabalho (operação) e analisá-los separadamente”. Para o autor, se aplicarmos melhorias nas operações sem o estudo dos efeitos nos processos pode ocorrer o comprometimento dos resultados de eficiência. Conforme o autor “para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações” (SHINGO, 1996, p. 38).

Segundo Harrington (1997), há uma sequência lógica e hierárquica para caracterizar o processo, partindo de uma visão global para uma visão pontual.

a) Macroprocesso: envolve mais de uma função na estrutura organizacional e sua operação tem impacto significativo no modo como a organização funciona;

b) Processo: conjunto de atividades sequenciais que tomam um input com um fornecedor, acrescentando valor a este para a produção de um output para um consumidor;

c) Subprocesso: é a parte que se inter-relaciona de forma lógica com outro subprocesso, que realiza uma ação específica dentro do macroprocesso;

d) Atividades: são ações que ocorrem dentro do processo ou subprocesso. São geralmente desempenhadas por uma entidade (máquina, pessoa ou departamento) para produzir um resultado particular. Constitui a maior parte dos fluxogramas de mapeamento de processos;

e) Tarefa: é uma parte específica do trabalho. É o menor enfoque do processo, podendo ser um único elemento e/ou o subconjunto de uma atividade.

Shingo (1996) afirma que os processos são compostos por 04 elementos: processamento, inspeção, transporte e espera. A maioria dessas operações não agrega valor ao produto, sendo operações essenciais apenas àquelas ligadas diretamente à transformação da matéria-prima. Conforme Moreira (2002), o registro e o estudo do fluxo das operações são feitos através de fluxogramas, ou mais especificamente, do fluxograma de processos, onde as atividades do processo são demonstradas graficamente.

Na definição de Barnes (1999), o gráfico do fluxo do processo ou fluxograma de processo é utilizado para descrever o processo de forma mais sintetizada, para possibilitar a compreensão de suas particularidades e, em um segundo estágio, definir melhorias. “O gráfico representa os diversos passos ou eventos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica ou durante uma série de ações” (BARNES, 1999, p. 46). Para o autor existem quatro enfoques que devem ser

considerados no desenvolvimento de possíveis soluções de melhorias de processos, que são:

- a) Eliminar todo o trabalho desnecessário;
- b) Combinar operações e elementos;
- c) Modificar a sequência das operações;
- d) Simplificar as operações essenciais.

Uma importante afirmação é feita por Barnes (1999) que declara que, no que se refere a processos, grande parte das atividades realizadas nem sempre são realmente necessárias. De acordo com Womack e Jones (2004), cerca de 5% das atividades na produção agregam valor ao produto, os outros 95% são considerados desperdícios (Figura 3).

Figura 3 – Operações que agregam valor ao produto



Fonte: Seibel, 2009.

2.6 PERDAS DO SISTEMA PRODUTIVO

De acordo com Slack et al. (2008, p.373), “uma perda pode ser definida como qualquer atividade que não agrega valor”. Dessa maneira, pode-se afirmar que perda não é apenas o desperdício ou quebras, mas também atividades que não participam ativamente da construção do produto.

Shingo (1996, p. 110) afirma que “na Toyota procuramos pelo desperdício que geralmente não é notado porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário”. O autor afirma que todos os movimentos executados pelos operadores se caracterizam por operações e perdas, sendo perdas as atividades que não tem contribuição, tais como espera, elevado número de peças em processamento, passagem de materiais de mão em mão, entre outras. Já as operações se dividem em dois grupos: operações que agregam valor (aquelas em que efetivamente ocorre a transformação da matéria-prima) e operações que não agregam valor.

Slack et al. (2008, p.374-376) discorrem a respeito da classificação de várias perdas encontradas no processo:

Perdas por fluxo irregular: Quando o fluxo não ocorre de maneira contínua devido barreiras existentes (tempos de espera, transporte, ineficiências do processo, estoque, perdas por movimentações);

Perdas por suprimento inexato: Decorrem do mau planejamento da quantidade e do momento de consumo dos insumos. As barreiras são superprodução ou subprodução, entrega antecipada ou atrasada e, novamente, estoques;

Perdas por resposta inflexível: São conseqüentes da falta de flexibilidade do processo. Algumas sintonias de flexibilidade inadequadas são: lotes grandes, atrasos entre as atividades, variações no mix de atividades maiores do que as variações na demanda do cliente;

Perdas por variabilidade: Variações no processo que afetam o nível de qualidade do produto. Podem ser incluídos nesse contexto a confiabilidade deficiente do equipamento e os produtos ou serviços defeituosos

Segundo Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção considera como relevantes sete tipos de perdas, sendo elas:

a) Superprodução: pode ser considerada a mais perigosa, pois tem a característica de ocultar outras possíveis perdas que o processo venha a ter. Uma observação interessante é de que antigamente os estoques volumosos eram úteis para compensar o tempo elevado das trocas de setup;

b) Espera: é quando por um período de tempo não acontecem processamentos, movimentações nem verificações nos produtos. As peças, por exemplo, ficam ‘paradas’, esperando para serem processadas, ou ainda por questões de operadores;

c) Transporte: as movimentações de materiais não agregam valor ao produto, mas algumas são indispensáveis ao processo, fato este que consolida a necessidade de otimizar os transportes através de melhorias no processo ou até mesmo de layout;

d) Processamento: requer melhorias na área de Engenharia e Análise de Valor, como adequar o método de processamento, ajustar velocidades de corte, otimizar o aproveitamento de chapas durante o processo de corte laser, etc.;

e) Estoque: produtos acabados, matéria-prima ou produtos em processamento podem caracterizar esse tipo de perda sempre que houver divergência entre o prazo de entrega e o ciclo de produção;

f) Desperdício de movimentos: considerar a necessidade de disponibilizar as peças nas operações somente quando forem utilizadas, ou considerar adaptações como mesas giratórias para reduzir as movimentações de materiais são pontos favoráveis á redução dessa perda, além do estudo de tempos e movimentos;

g) Desperdício pela produção de produtos com defeitos: o foco é evitar retrabalhos, podendo utilizar métodos de controle, auto inspeção e verificações repetitivas para eliminar esse tipo de perda, além da utilização de dispositivos Poka-Yoke.

Para as empresas o grande diferencial é saber como tratar cada uma destas sete perdas, a fim de buscar soluções para minimizá-las.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização deste estudo é de natureza quantitativa, pois se buscou constatar algo em um organismo ou fenômeno (GIL, 2007). Este estudo busca constatar o modelo atual de produção de células de soldagem, assim como descrever e explorar possibilidades de melhorias.

Também pode ser classificada como descritiva, pois segundo Andrade (1997) a pesquisa descritiva preocupa-se em observar fatos, registrá-los, analisá-los, classificá-los e interpretá-los sem que o pesquisador interfira neles, não ocorrendo, assim, manipulação dos dados por parte deste. Neste estudo os dados foram obtidos, registrados, analisados, classificados e interpretados sem a interferência do pesquisador.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

As técnicas utilizadas são de natureza quantitativa, uma vez que se utilizaram fórmulas e cálculos a fim de garantir a precisão de resultados e evitar distorções de análise e interpretação, possibilitando uma margem de segurança quanto às sugestões e colocações resultantes deste estudo. Os dados foram classificados e demonstrados em formas de tabelas e gráficos para a melhor visualização dos resultados obtidos.

Com relação aos requisitos teóricos, os procedimentos metodológicos baseiam-se em revisão bibliográfica, ou seja, é um estudo desenvolvido através de pesquisas em materiais como livros, revistas, periódicos e materiais de acesso eletrônico disponíveis ao público em geral, sendo que a coleta dos dados foi realizada basicamente através de acompanhamento e documentos disponibilizados pela empresa em que se realizou o estudo.

A etapa da coleta de dados foi realizada da seguinte forma prática:

- a) definição das tarefas para cada componente de soldagem utilizado nas células em estudo;
- b) definição do layout (agrupando os componentes por célula de soldagem);
- c) análise dos tempos, usando tempos padrões estabelecidos pelo sistema da empresa e o tempo de soldagem de cada componente;

- d) análise da agregação de valor das atividades;
- e) descrição dos resultados através de gráficos e tabelas do Excel.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os recursos necessários para a realização desta pesquisa consistem em:

- a) Cronômetro;
- b) Computador;
- c) Impressos para registro;
- d) Manuais de instrução;
- e) Equipamentos de registro (lápiz, canetas, borrachas, tinta etc.);

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este estudo apresenta uma análise do Balanceamento em uma linha de soldagem e os resultados de pesquisa na empresa metal mecânica considerada. O mesmo está dividido em três partes que correspondem: Caracterização da empresa; Situação atual do balanceamento da linha de soldagem; Apresentação das propostas de melhorias.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO ATUAL

Foram estudadas 05 células que produzem três modelos diferentes de máquinas: Modelo A, Modelo B e Modelo C. De maneira sucinta, pode-se afirmar que:

- a) Na célula 1 são soldados os componentes pequenos das máquinas para os 3 modelos (A,B,C);
- b) Na célula 2 são soldados os componentes da parte dos suportes para os 3 modelos (A,B,C);
- c) Na célula 3 são soldados os componentes da parte dos Miscelâneos das máquinas para os 3 modelos (A,B,C);
- d) Na célula 4 são soldados os componentes grandes das máquinas para os 3 modelos (A,B,C);
- e) Na célula 5 são soldados os componentes das vigas das máquinas para os 3 modelos (A,B,C).

4.1.1 Programação atual da produção

A programação atual da produção é flexível, porém a mais utilizada é de um modelo A e um modelo B diário. Todas as quantidades e seus respectivos componentes são expressos nas tabelas 1 à 5.

A Tabela 1 apresenta os componentes e a discriminação da produção para a célula 1.

Tabela 1 – Produção na célula 1

Componente	Qtd. por Máquina Modelo "A"	Qtd. por Máquina Modelo "B"	Qtd. por Máquina Modelo "C"
Componente 1	1	0	0
Componente 2	0	1	0
Componente 3	0	0	1
Componente 4	1	0	0
Componente 5	0	1	0
Componente 6	0	0	1
Componente 7	0	1	1
Componente 8	1	0	0
Componente 9	0	0	1
Componente 10	1	1	0

Fonte: o Autor.

A tabela 2 mostra os componentes produzidos na célula 2.

Tabela 2 – Produção na célula 2

Componente	Qtd. por Máquina Modelo "A"	Qtd. por Máquina Modelo "B"	Qtd. por Máquina Modelo "C"
Componente 11	1	1	1
Componente 12	1	1	1
Componente 13	1	1	1
Componente 14	1	1	1
Componente 15	1	1	1
Componente 16	1	1	1
Componente 17	1	1	1

Fonte: o Autor.

A Tabela 3 refere-se à célula 3.

Tabela 3 – Produção na célula 3

Componente	Qtd. por Máquina Modelo "A"	Qtd. por Máquina Modelo "B"	Qtd. por Máquina Modelo "C"
Componente 18	1	1	0
Componente 19	1	1	0
Componente 20	0	0	1
Componente 21	0	0	1
Componente 22	2	2	0
Componente 23	2	2	0
Componente 24	2	2	0
Componente 25	1	1	0
Componente 26	1	1	1
Componente 27	2	2	0
Componente 28	2	0	0
Componente 29	0	2	0
Componente 30	0	0	2
Componente 31	0	0	2

Fonte: o Autor.

A Tabela 4 descreve os componentes e a produção da célula 4.

Tabela 4 – Produção na célula 4

Componente	Qtd. por Máquina Modelo "A"	Qtd. por Máquina Modelo "B"	Qtd. por Máquina Modelo "C"
Componente 32	1	0	0
Componente 33	1	0	0
Componente 34	0	0	1
Componente 35	0	0	1
Componente 36	0	1	0
Componente 37	0	1	0
Componente 38	0	0	1
Componente 39	0	0	1

Fonte: o Autor.

A Tabela 5 representa a célula 5.

Tabela 5 – Produção na célula 5

Componente	Qtd. por Máquina Modelo "A"	Qtd. por Máquina Modelo "B"	Qtd. por Máquina Modelo "C"
Componente 40	1	0	0
Componente 41	0	1	0
Componente 42	0	0	1
Componente 43	1	0	0
Componente 44	0	1	1
Componente 45	1	0	0
Componente 46	1	0	0
Componente 47	0	1	0
Componente 48	0	1	0
Componente 49	0	0	1
Componente 50	0	0	1

Fonte: o Autor.

4.1.2 Tempos e recursos da produção

Os tempos e recursos necessários para a produção e cada atividade foram obtidos através de tempos padrões para cada atividade descrita na sequência de eventos, já formulada pela empresa. A Sequência de eventos consiste em um roteiro com todos os passos para a fabricação de cada componente, desde o início da montagem das peças no dispositivo até a mesma ser carregada no carro de pintura.

A Tabela 6 apresenta os tempos e recursos necessários para a célula 1.

Tabela 6 – Recursos e tempos na célula 1

Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)
Componente 1	221,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 2	0,00	0,00	240,00	0,48	0,00	0,00
Componente 3	0,00	0,00	0,00	0,00	224,00	0,00
Componente 4	221,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 5	0,00	0,00	240,00	0,48	0,00	0,00
Componente 6	0,00	0,00	0,00	0,00	221,00	0,00
Componente 7	0,00	0,00	52,00	0,10	52,00	0,00
Componente 8	52,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 9	0,00	0,00	0,00	0,00	18,60	0,00
Componente 10	18,60	0,04	18,60	0,04	0,00	0,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 7 demonstra as necessidades da célula 2.

Tabela 7 – Recursos e tempos na célula 2

Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)
Componente 11	103,00	0,21	103,00	0,21	103,00	0,00
Componente 12	50,40	0,10	50,40	0,10	50,40	0,00
Componente 13	51,00	0,10	51,00	0,10	51,00	0,00
Componente 14	3,50	0,01	3,50	0,01	3,50	0,00
Componente 15	19,00	0,04	19,00	0,04	19,00	0,00
Componente 16	19,00	0,04	19,00	0,04	19,00	0,00
Componente 17	19,00	0,04	19,00	0,04	19,00	0,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 8 refere-se à célula 3.

Tabela 8 – Recursos e tempos na célula 3

Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)
Componente 18	41,00	0,08	41,00	0,08	0,00	0,00
Componente 19	41,00	0,08	41,00	0,08	0,00	0,00
Componente 20	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00
Componente 21	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00
Componente 22	54,00	0,11	54,00	0,11	0,00	0,00
Componente 23	29,20	0,06	29,20	0,06	0,00	0,00
Componente 24	29,40	0,06	29,40	0,06	0,00	0,00
Componente 25	22,00	0,04	22,00	0,04	0,00	0,00
Componente 26	24,50	0,05	24,50	0,05	24,50	0,00
Componente 27	45,40	0,09	45,40	0,09	0,00	0,00
Componente 28	99,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 29	0,00	0,00	104,00	0,21	0,00	0,00
Componente 30	0,00	0,00	0,00	0,00	104,00	0,00
Componente 31	0,00	0,00	0,00	0,00	104,00	0,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 9 descreve a célula 4.

Tabela 9 – Recursos e tempos na célula 4

Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)
Componente 32	289,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 33	289,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 34	0,00	0,00	0,00	0,00	217,30	0,00
Componente 35	0,00	0,00	0,00	0,00	184,80	0,00
Componente 36	0,00	0,00	306,10	0,61	0,00	0,00
Componente 37	0,00	0,00	300,00	0,60	0,00	0,00
Componente 38	0,00	0,00	0,00	0,00	305,80	0,00
Componente 39	0,00	0,00	0,00	0,00	305,80	0,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 10 representa a célula 5.

Tabela 10 – Recursos e tempos na célula 5

Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina (min.)	Recursos (pessoas)
Componente 40	224,85	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 41	0,00	0,00	294,50	0,59	0,00	0,00
Componente 42	0,00	0,00	0,00	0,00	356,60	0,00
Componente 43	44,90	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 44	0,00	0,00	45,20	0,09	45,20	0,00
Componente 45	45,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 46	45,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Componente 47	0,00	0,00	46,00	0,09	0,00	0,00
Componente 48	0,00	0,00	46,00	0,09	0,00	0,00
Componente 49	0,00	0,00	0,00	0,00	39,70	0,00
Componente 50	0,00	0,00	0,00	0,00	39,70	0,00

Fonte: o Autor.

Com todas as informações das tabelas anteriores (de 1 a 10) foi possível obter os totais de tempo por máquina (Tabela 11) e de recursos (Tabela 12) necessários para cada célula e para o sistema produtivo.

Tabela 11 – Total de recursos e tempos para produção de cada modelo

	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
	Tempo/ Máquina	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina	Recursos (pessoas)	Tempo/ Máquina	Recursos (pessoas)
Tempo total (min.)	2102,35	4,22	2243,80	4,51	2544,90	0,00
Tempo (h)	35,04		37,40		42,42	

Fonte: o Autor.

Tabela 12 – Recursos totais para cada célula

Célula	Soma de recursos	Recursos totais
1	2,13	2
2	1,56	2
3	2,38	2
4	1,06	1
5	1,59	2
Total	8,73	9

Fonte: o Autor.

4.1.3 Produtividade, restrição e tempo *takt*

Para o cálculo da produtividade (Equação 4), foram considerados os recursos totais, assim como o tempo total (em horas) de utilização de máquinas. Também foi adotada a semana com 5 dias trabalhados e 44 horas semanais. O tempo efetivo considerado é de 528 minutos do dia, descontando 6% de *Job Delay*, o padrão usado na empresa para as perdas diárias (tomar água, ir ao banheiro), o que resulta em 498 minutos de tempo efetivo adotado no cálculo de recursos.

Como restrições do sistema produtivo tem-se a capacidade de duas máquinas por turno somente, sendo o turno de 8 horas e 48 minutos. Atualmente, a produção adotada é composta por qualquer um dos 5 mix apresentados acima, mas a utilizada com maior frequência é a de 1 Modelo A + 1 Modelo B.

O tempo *takt* foi calculado com base na restrição da célula 4, a qual não possui capacidade instalada de produzir a quantidade maior que 2 modelos diários e nem 2 modelos C. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados obtidos

	Cálculo efetuado	Resultado
Produtividade	$[(1*5*35,04)+(1*5*37,04)+(0*5*42,42)]/9*44$	91%
Tempo takt	$498/(1+1+0)$	249 min.
Restrição	8 horas e 48 min. * 2	17 h 36 min.

Fonte: o Autor.

4.1.4 Mix de produção e agregação de valor

É utilizado na empresa um sistema para a descrição de todas as atividades, com uma sequência de todas as tarefas e passos, desde o início da soldagem até o fim do processo. Através desse sistema é gerada uma planilha de dados onde também acontece a identificação da atividade que agrega ou não valor ao produto na visão do cliente, sendo que nessa planilha também consta o tempo de cada atividade para cada item, com grande detalhamento, de onde foram extraídos todos os tempos e dados para este estudo. A soma desses valores para cada componente é apresentado nas Tabelas 14 à 18, para cada célula, sendo a Tabela 14 com valores referentes à célula 1.

Tabela 14 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 1

Componente	Tempo total (min.)	Atividades que agregam valor (min.)	Atividades que não agregam valor (min.)
Componente 1	221,00	163,00	58,00
Componente 2	240,00	178,00	62,00
Componente 3	224,00	180,00	44,00
Componente 4	221,00	163,00	58,00
Componente 5	240,00	178,00	62,00
Componente 6	221,00	163,00	58,00
Componente 7	52,00	14,00	38,00
Componente 8	52,00	14,00	38,00
Componente 9	18,60	11,20	7,40
Componente 10	18,60	11,20	7,40

Fonte: o Autor.

A Tabela 15 refere-se à célula 2.

Tabela 15 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 2

Componente	Tempo total (min.)	Atividades que agregam valor (min.)	Atividades que não agregam valor (min.)
Componente 11	103,00	66,50	36,50
Componente 12	50,40	27,80	22,60
Componente 13	51,00	40,00	11,00
Componente 14	3,50	2,00	1,50
Componente 15	19,00	13,00	6,00
Componente 16	19,00	13,00	6,00
Componente 17	19,00	13,00	6,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 16 demonstra os valores da célula 3.

Tabela 16 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 3

Componente	Tempo total (min.)	Atividades que agregam valor (min.)	Atividades que não agregam valor (min.)
Componente 18	41,00	28,00	13,00
Componente 19	18,50	11,00	7,50
Componente 20	18,50	11,00	7,50
Componente 21	27,00	20,00	7,00
Componente 22	14,60	9,60	5,00
Componente 23	14,70	9,70	5,00
Componente 24	22,00	10,00	12,00
Componente 25	24,50	12,00	12,50
Componente 26	22,70	16,00	6,70
Componente 27	49,50	37,50	12,00
Componente 28	52,00	40,00	12,00
Componente 29	52,00	40,00	12,00
Componente 30	52,00	40,00	12,00

Fonte: o Autor.

A Tabela 17 representa a célula 4.

Tabela 17 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 4

Componente	Tempo total (min.)	Atividades que agregam valor (min.)	Atividades que não agregam valor (min.)
Componente 32	289,00	196,00	93,00
Componente 33	289,00	196,00	93,00
Componente 34	217,30	137,30	80,00
Componente 35	184,80	128,00	56,80
Componente 36	306,10	204,70	101,40
Componente 37	300,00	199,00	101,00
Componente 38	305,80	221,60	84,20
Componente 39	305,80	221,60	84,20

Fonte: o Autor.

A Tabela 18 possui os valores da célula 5.

Tabela 18 – Tempos de atividades que agregam ou não valor na célula 5

Componente	Tempo total (min.)	Atividades que agregam valor (min.)	Atividades que não agregam valor (min.)
Componente 40	224,85	155,70	69,15
Componente 41	294,50	218,10	76,40
Componente 42	356,60	261,60	95,00
Componente 43	44,90	28,20	16,70
Componente 44	45,20	28,30	16,90
Componente 45	45,80	30,00	15,80
Componente 46	45,80	30,00	15,80
Componente 47	46,00	29,00	17,00
Componente 48	46,00	29,00	17,00
Componente 49	39,70	23,80	15,90
Componente 50	39,70	23,80	15,90

Fonte: o Autor.

Dessas Tabelas foram extraídos e somados os valores referentes a cada atividade e sua classificação no sistema da empresa (agrega valor e não agrega valor) e obtidos os valores totais de todo o sistema produtivo, os quais são demonstrados na Tabela 19, em minutos.

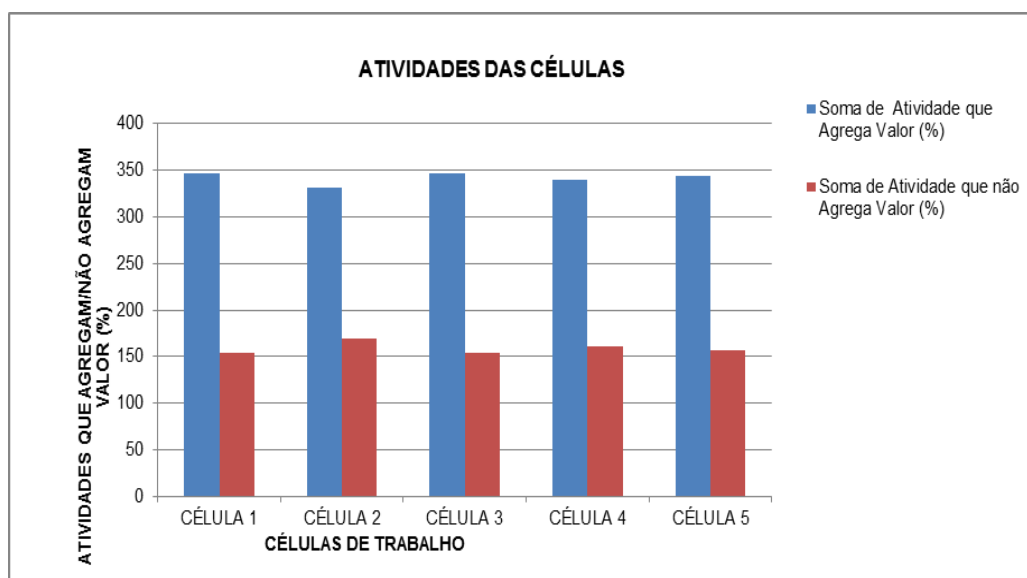
Tabela 19 – Valores totais obtidos de atividades para a agregação de valor

	Tempo (min.)
Tempo total	5649,950
Atividades que agregam valor	3925,200
Atividades que não agregam valor	1724,750

Fonte: o Autor.

Esses dados tabelados são apresentados de forma gráfica nas Figuras 4 e 5. A Figura 4 demonstra a relação das atividades que agregam valor (em azul) e das atividades que não agregam valor (em vermelho) para cada célula da produção, de forma percentual.

Figura 4 – Percentual das atividades que agregam valor para as células



Fonte: o Autor.

Já o gráfico da Figura 5 demonstra o percentual total das atividades que são consideradas como de agregação de valor ou não, de acordo com a avaliação do sistema de classificação da empresa. Esse demonstrativo percentual foi obtido do tempo total de 5649,950 minutos de atividades totais em todas as células, sendo 3925,200 minutos reservados a atividades que agregam valor, enquanto 1724,750 minutos são ocupados em atividades que não agregam valor (conforme Tabela 19).

Figura 5 – Agregação de valor percentual das atividades



Fonte: o Autor.

A Figura 6 apresenta as possíveis variações no mix de produção, com as alterações em seus recursos (pessoas), tempo total de atividade (em minutos) e variação nas atividades que agregam e que não agregam valor (em percentual). São apresentados modelos com produção de 1 Modelo A e 1 Modelo B, 1 Modelo A e 1 Modelo C, 1 Modelo B e 1 Modelo C, 2 Modelos A e 2 Modelos B.

Não é possível trabalhar com um Mix de 2 Modelos C, pois a quantidade de componentes soldados para este modelo é o dobro dos outros modelos na Célula 4, ou seja, é inviável soldar 2 modelos em um turno com os recursos disponíveis. Ainda, a demanda anual deste modelo é baixa, portanto, colocou-se esta restrição de somente soldar 1 por turno do Modelo C e nunca 2 no mesmo. Esses mix de produção consideram manter as atividades produzidas em cada célula, com variação apenas no modelo.

Figura 6 – Valores do mix de produção atual

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 1	2,13	1063	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 2	1,06	530	66	34
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 3	1,56	776	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 4	2,38	1184	67	33
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 5	1,59	793	69	31

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 1	2,06	1028	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 2	1,06	530	66	34
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 3	1,32	655	70	30
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 4	3,20	1592	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 5	1,69	843	69	31

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 1	2,14	1066	70	30
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 2	1,06	530	66	34
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 3	1,33	660	70	30
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 4	3,25	1620	69	31
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 5	1,83	913	67	33

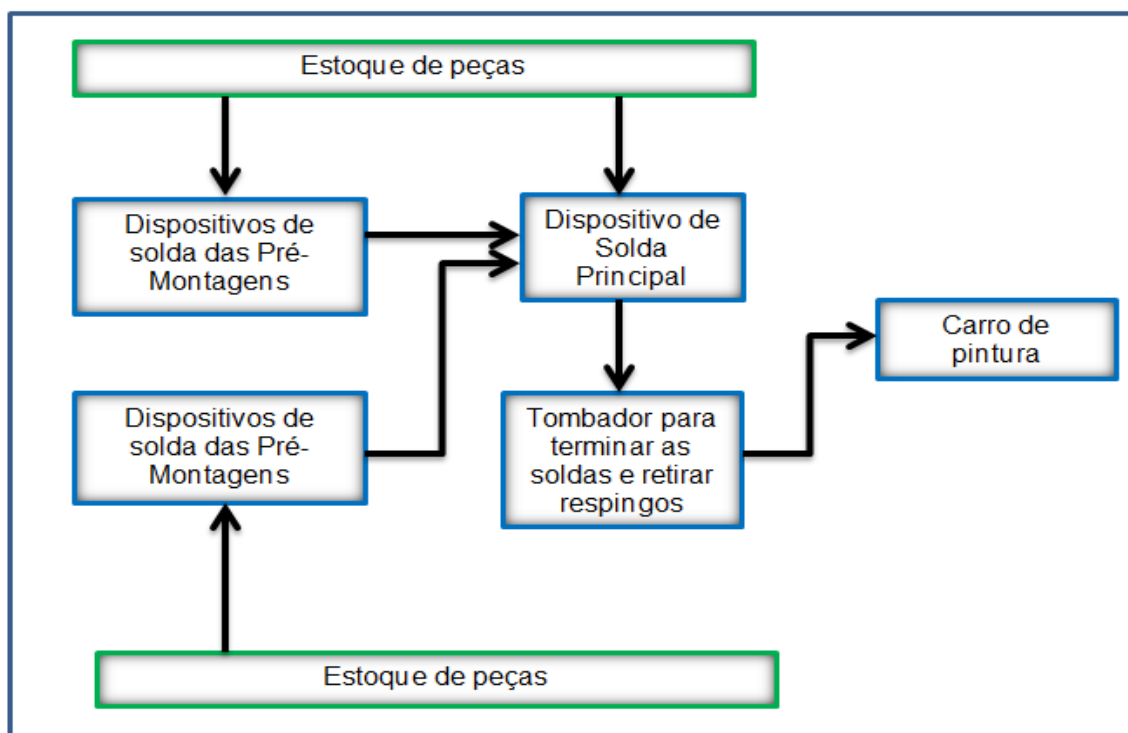
MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
2 Modelo "A"	CÉLULA 1	2,06	1025	69	31
2 Modelo "A"	CÉLULA 2	1,06	530	66	34
2 Modelo "A"	CÉLULA 3	1,55	771	68	32
2 Modelo "A"	CÉLULA 4	2,32	1156	68	32
2 Modelo "A"	CÉLULA 5	1,45	723	67	33

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
2 Modelo "B"	CÉLULA 1	2,21	1101	69	31
2 Modelo "B"	CÉLULA 2	1,06	530	66	34
2 Modelo "B"	CÉLULA 3	1,57	781	69	31
2 Modelo "B"	CÉLULA 4	2,43	1212	67	33
2 Modelo "B"	CÉLULA 5	1,73	863	71	29

Fonte: o Autor.

O processo produtivo é descrito na Figura 7, sendo da seguinte ordem: o operador busca as peças de que necessita, de acordo com os conjuntos soldados em que vai trabalhar; posiciona as mesmas no dispositivo de solda das Pré-montagens (quando aplicável, pois nem todos os conjuntos têm pré-montagens), aperta os grampos para fixar as mesmas e aplica a solda. Após esta etapa, o operador desloca os conjuntos para o dispositivo de solda principal, colocando o restante das peças e novamente apertando os grampos e realizando solda. Por fim, ele desloca o conjunto soldado para o tombador, onde é executado o restante das soldas e a retirada de respingos. Posteriormente, coloca o conjunto soldado pronto no carro de pintura.

Figura 7 – Fluxograma do processo produtivo

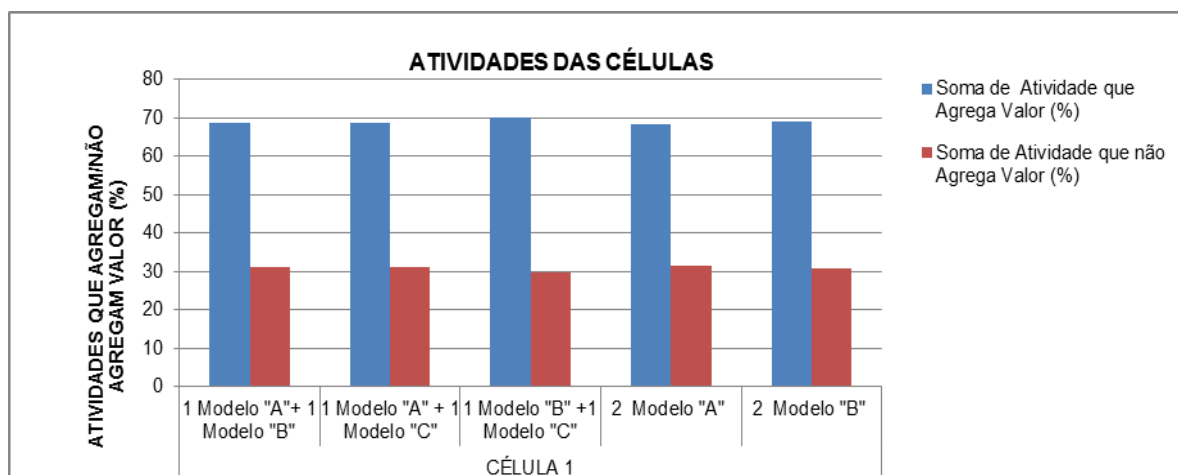


Fonte: o Autor.

As Figuras de 8 a 12 demonstram os gráficos obtidos com os valores e tempos de agregação/não agregação de valor para cada célula e cada mix de produção correspondente. Dessa maneira, podem-se analisar os mix produtivos que mais contribuem para a agregação de valor.

A figura 8 representa os valores para a célula 1.

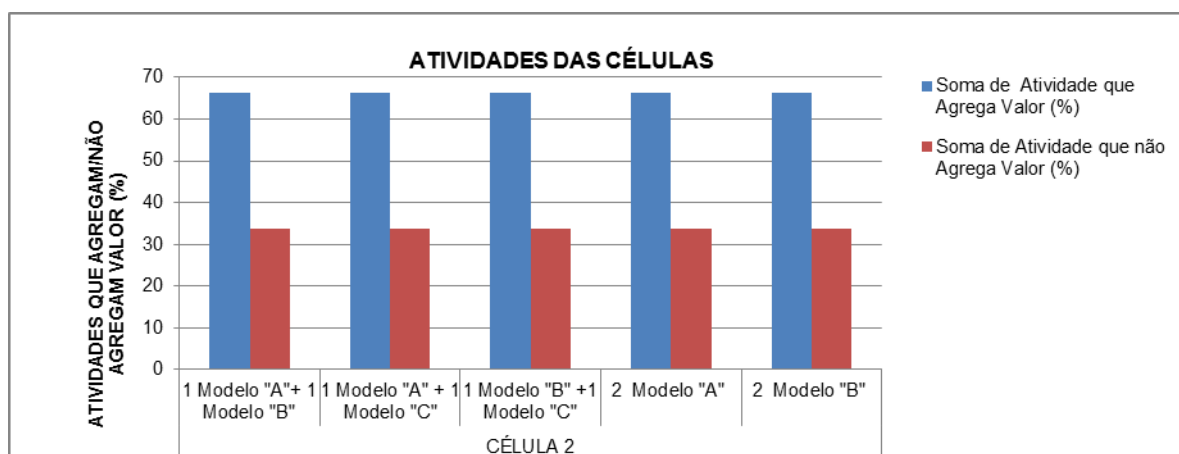
Figura 8 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 1



Fonte: o Autor.

A figura 9 representa a célula 2.

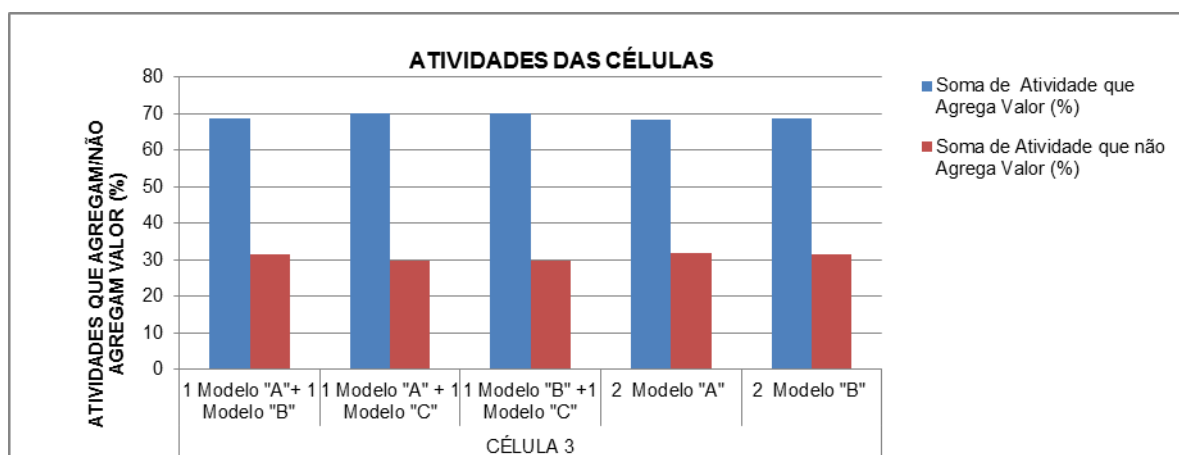
Figura 9 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 2



Fonte: o Autor.

A figura 10 mostra os valores para a célula 3.

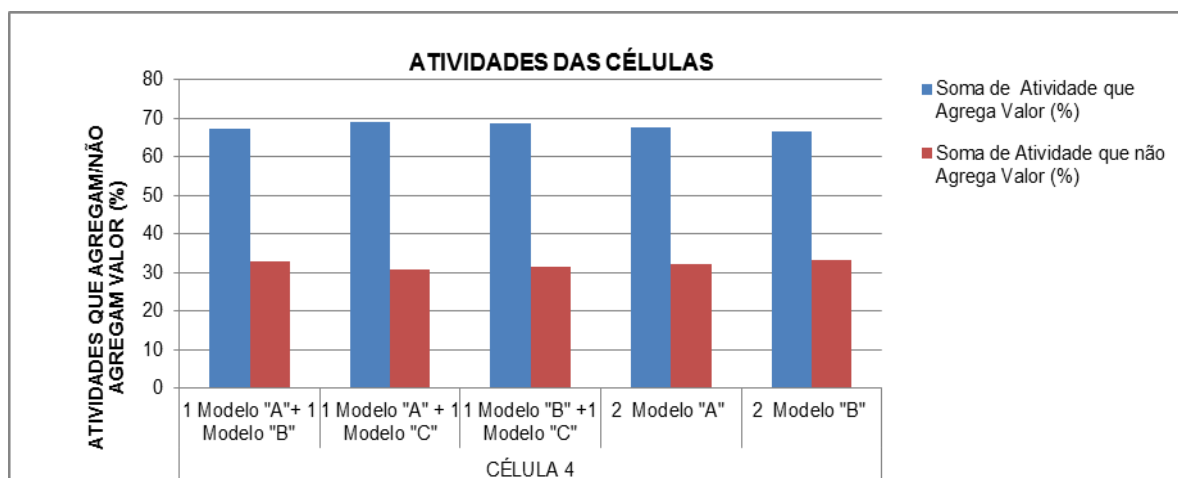
Figura 10 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 3



Fonte: o Autor.

A figura 11 refere-se a célula 4.

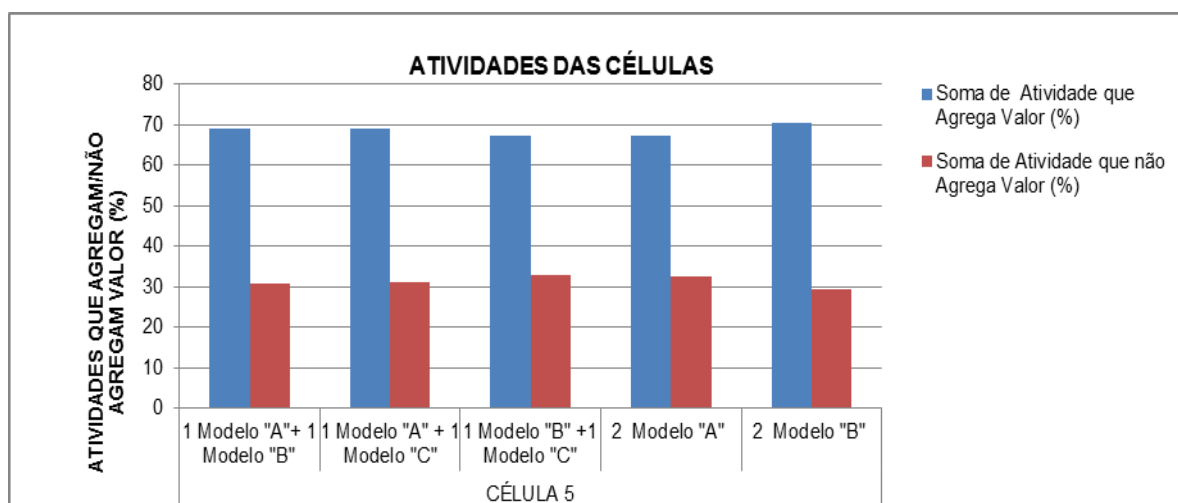
Figura 11 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 4



Fonte: o Autor.

Na figura 12 estão demonstrados os valores para a célula 5.

Figura 12 – Agregação de valor dos mix de produção para a célula 5



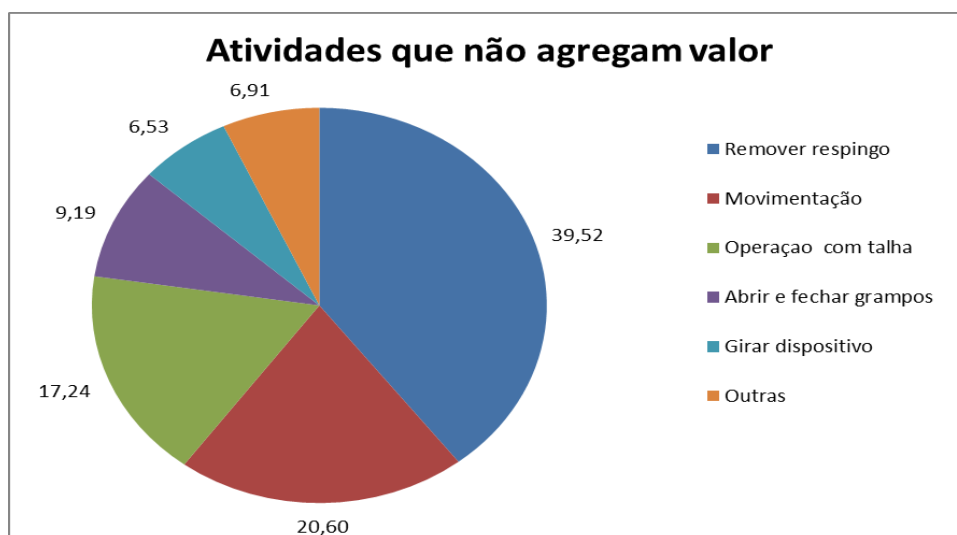
Fonte: o Autor.

4.1.5 Perdas do sistema produtivo

As principais perdas encontradas e identificadas referem-se à remoção de respingos e a movimentação para buscar as peças. Essas atividades representam em torno de 60% do total das atividades que não agregam valor por mix de

produção, conforme demonstra o gráfico da Figura 13. Operações com talha correspondem a 17% dessas atividades, enquanto abrir e fechar grampos e girar dispositivos, entre outras, são atividades que representam 22% das atividades que não contribuem na agregação de valor.

Figura 13 – Percentual de atividades que não agregam valor



Fonte: o Autor.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO PROPOSTA

Para a proposta de melhorias na produção procurou-se a redução das perdas do sistema produtivo. Levando em consideração que o mix de produção mais utilizado é o de 1 Modelo A + 1 Modelo B, o estudo focou nesse modelo de produção.

Foram analisadas formas de mover as atividades de células para melhor balanceamento dos recursos e redução das atividades que não agregam valor.

4.2.1 Programação da produção proposta

A programação da produção proposta seria:

- a) remover os componentes componente 7 e componente 10 da Célula 1 para a Célula 5;
- b) remover os componentes componente 16 e componente 17 da Célula 2 para a Célula 5;

c) remover as pré-montagens dos componentes 32, 33, 36 e 37 que são soldadas na Célula 4 para a Célula 3; o que totalizaria 200 minutos de atividades a mais na Célula 3 e 200 minutos a menos na Célula 4.

Com essa nova programação tem-se alterações nos recursos necessários e na agregação de valor, essas alterações estão demonstradas na Figura 14 para todos os mix de produção.

Figura 14 – Valores dos mix de produção propostos

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 1	1,96	1045	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 2	0,95	530	70	30
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 3	1,96	776	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 4	1,98	1184	67	33
1 Modelo "A" 1 Modelo "B"	CÉLULA 5	1,92	793	69	31

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 1	2,06	1028	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 2	1,06	530	70	30
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 3	1,32	655	70	30
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 4	3,20	1592	69	31
1 Modelo "A" 1 Modelo "C"	CÉLULA 5	1,69	843	69	31

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 1	1,86	925	81	19
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 2	1,06	530	70	30
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 3	1,33	660	70	30
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 4	3,05	1520	73	27
1 Modelo "B" 1 Modelo "C"	CÉLULA 5	1,83	913	67	33

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
2 Modelo "A"	CÉLULA 1	1,98	988	71	29
2 Modelo "A"	CÉLULA 2	1,06	530	70	30
2 Modelo "A"	CÉLULA 3	1,55	771	68	32
2 Modelo "A"	CÉLULA 4	1,92	956	82	18
2 Modelo "A"	CÉLULA 5	1,45	723	67	33

MIX de PRODUÇÃO	Células	Recursos por Célula (Pessoas)	Tempo total de atividades (Min)	Atividade que Agrega Valor (%)	Atividade que não Agrega Valor (%)
2 Modelo "B"	CÉLULA 1	1,93	960	79	21
2 Modelo "B"	CÉLULA 2	1,06	530	70	30
2 Modelo "B"	CÉLULA 3	1,57	781	69	31
2 Modelo "B"	CÉLULA 4	2,03	1012	80	20
2 Modelo "B"	CÉLULA 5	1,73	863	71	29

Fonte: o Autor.

Na Figura 15 são explicitadas as alterações propostas (ver cor preta e branca), podendo ser visualizadas as alterações correspondentes em tempos e atividades que agregam/não agregam valor.

Figura 15 – Alterações e programação para melhorias propostas

CÉLULAS	Componente	Qty. por Maquina Modelo "A"	Qty. por Maquina Modelo "B"	Qty. por Maquina Modelo "C"	Tempo total (Min.)	Atividades que agregam valor (Min.)	Atividades que não agregam valor (Min.)
CÉLULA 5	Componente 40	1	0	0	224,850	155,700	69,150
	Componente 41	0	1	0	294,500	218,100	76,400
	Componente 42	0	0	1	356,600	261,600	95,000
	Componente 43	1	0	0	44,900	28,200	16,700
	Componente 44	0	1	1	45,200	28,300	16,900
	Componente 45	1	0	0	45,800	30,000	15,800
	Componente 46	1	0	0	45,800	30,000	15,800
	Componente 47	0	1	0	46,000	29,000	17,000
	Componente 48	0	1	0	46,000	29,000	17,000
	Componente 49	0	0	1	39,700	23,800	15,900
	Componente 50	0	0	1	39,700	23,800	15,900
	Componente 7	0	1	1	52,000	14,000	38,000
	Componente 10	1	1	0	18,600	11,200	7,400
	Componente 16	1	1	1	19,000	13,000	6,000
Componente 17	1	1	1	19,000	13,000	6,000	
CÉLULA 1	Componente 1	1	0	0	221,000	163,000	58,000
	Componente 2	0	1	0	240,000	178,000	62,000
	Componente 3	0	0	1	224,000	180,000	44,000
	Componente 4	1	0	0	221,000	163,000	58,000
	Componente 5	0	1	0	240,000	178,000	62,000
	Componente 6	0	0	1	221,000	163,000	58,000
	Componente 7	0	1	1	52,000	14,000	38,000
	Componente 8	1	0	0	52,000	14,000	38,000
	Componente 9	0	0	1	18,600	11,200	7,400
	Componente 10	1	1	0	18,600	11,200	7,400
CÉLULA 3	Componente 18	1	1	0	41,000	28,000	13,000
	Componente 19	1	1	0	41,000	28,000	13,000
	Componente 20	0	0	1	18,500	11,000	7,500
	Componente 21	0	0	1	18,500	11,000	7,500
	Componente 22	2	2	0	27,000	20,000	7,000
	Componente 23	2	2	0	14,600	9,600	5,000
	Componente 24	2	2	0	14,700	9,700	5,000
	Componente 25	1	1	0	22,000	10,000	12,000
	Componente 26	1	1	1	24,500	12,000	12,500
	Componente 27	2	2	0	22,700	16,000	6,700
	Componente 28	2	0	0	49,500	37,500	12,000
	Componente 29	0	2	0	52,000	40,000	12,000
	Componente 30	0	0	2	52,000	40,000	12,000
	Componente 31	0	0	2	52,000	40,000	12,000
Pré -Montagens	1	1	0	200,000			
CÉLULA 4	Componente 31	1	0	0	289,000	196,000	93,000
	Componente 32	1	0	0	289,000	196,000	93,000
	Componente 33	0	0	1	217,300	137,300	80,000
	Componente 34	0	0	1	184,800	128,000	56,800
	Componente 35	0	1	0	305,800	204,700	101,400
	Componente 36	0	1	0	300,000	199,000	101,000
	Componente 38	0	0	1	305,800	221,600	84,200
Componente 39	0	0	1	305,800	221,600	84,200	
CÉLULA 2	Componente 11	1	1	1	103,000	66,500	36,500
	Componente 12	1	1	1	55,000	32,400	22,600
	Componente 13	1	1	1	57,000	46,000	11,000
	Componente 14	1	1	1	3,500	2,000	1,500
	Componente 15	1	1	1	19,000	13,000	6,000
	Componente 16	1	1	1	19,000	13,000	6,000
	Componente 17	1	1	1	19,000	13,000	6,000

Fonte: o Autor.

Na Figura 16 são exibidas as alterações nos recursos e máquina utilizados.

Figura 16 – Alterações e novos valores para melhorias propostas

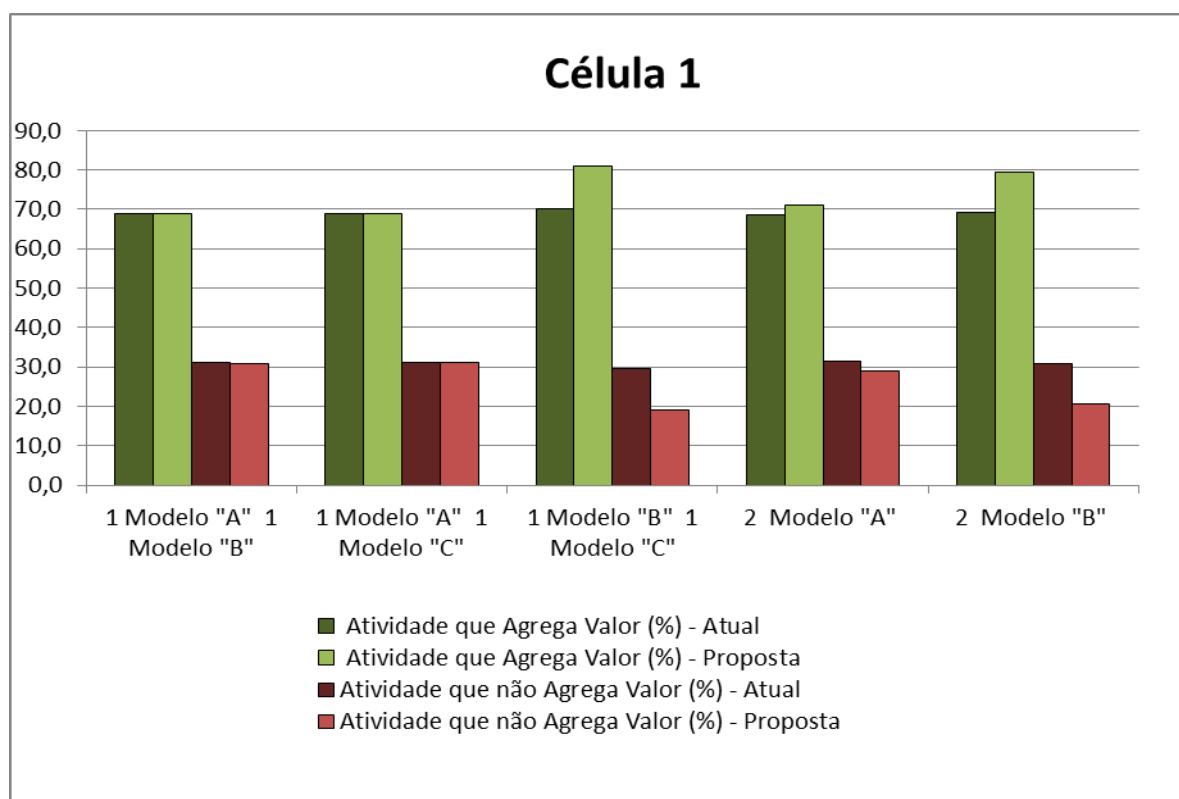
CÉLULAS	Componente	Modelo "A"		Modelo "B"		Modelo "C"	
		Tempo total por Máquina (Min.)	Total de Recursos (pessoas)	Tempo total por Máquina (Min.)	Total de Recursos (pessoas)	Tempo total por Máquina (Min.)	Total de Recursos (pessoas)
CÉLULA 5	Componente 40	224,85	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 41	0,00	0,00	294,50	0,59	0,00	0,00
	Componente 42	0,00	0,00	0,00	0,00	356,60	0,00
	Componente 43	44,90	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 44	0,00	0,00	45,20	0,09	45,20	0,00
	Componente 45	45,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 46	45,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 47	0,00	0,00	46,00	0,09	0,00	0,00
	Componente 48	0,00	0,00	46,00	0,09	0,00	0,00
	Componente 49	0,00	0,00	0,00	0,00	39,70	0,00
	Componente 50	0,00	0,00	0,00	0,00	39,70	0,00
	Componente 7	0,00	0,00	52,00	0,10	52,00	0,00
	Componente 10	18,60	0,04	18,60	0,04	18,60	0,00
	Componente 16	19,00	0,04	19,00	0,04	0,00	0,00
Componente 17	19,00	0,04	19,00	0,04	0,00	0,00	
CÉLULA 1	Componente 1	221,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 2	0,00	0,00	240,00	0,48	0,00	0,00
	Componente 3	0,00	0,00	0,00	0,00	224,00	0,00
	Componente 4	221,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 5	0,00	0,00	240,00	0,48	0,00	0,00
	Componente 6	0,00	0,00	0,00	0,00	221,00	0,00
	Componente 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 8	52,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CÉLULA 3	Componente 18	41,00	0,08	41,00	0,08	0,00	0,00
	Componente 19	41,00	0,08	41,00	0,08	0,00	0,00
	Componente 20	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00
	Componente 21	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00
	Componente 22	54,00	0,11	54,00	0,11	0,00	0,00
	Componente 23	29,20	0,06	29,20	0,06	0,00	0,00
	Componente 24	29,40	0,06	29,40	0,06	0,00	0,00
	Componente 25	22,00	0,04	22,00	0,04	0,00	0,00
	Componente 26	24,50	0,05	24,50	0,05	24,50	0,00
	Componente 27	45,40	0,09	45,40	0,09	0,00	0,00
	Componente 28	99,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 29	0,00	0,00	104,00	0,21	0,00	0,00
	Componente 30	0,00	0,00	0,00	0,00	104,00	0,00
	Componente 31	0,00	0,00	0,00	0,00	104,00	0,00
Pré -Montagens	100,00	0,20	100,00	0,20	0,00	0,00	
CÉLULA 4	Componente 31	239,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 32	239,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 33	0,00	0,00	0,00	0,00	217,30	0,00
	Componente 34	0,00	0,00	0,00	0,00	184,80	0,00
	Componente 35	0,00	0,00	255,80	0,51	0,00	0,00
	Componente 36	0,00	0,00	250,00	0,50	0,00	0,00
	Componente 38	0,00	0,00	0,00	0,00	305,80	0,00
	Componente 39	0,00	0,00	0,00	0,00	305,80	0,00
CÉLULA 2	Componente 11	103,00	0,21	103,00	0,21	103,00	0,00
	Componente 12	55,00	0,11	55,00	0,11	55,00	0,00
	Componente 13	57,00	0,11	57,00	0,11	57,00	0,00
	Componente 14	3,50	0,01	3,50	0,01	3,50	0,00
	Componente 15	19,00	0,04	19,00	0,04	19,00	0,00
	Componente 16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Componente 17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: o Autor.

4.2.2 Comparação entre os valores agregados e produtividade

Para a melhor visualização dos resultados para a programação proposta, a comparação entre atividades que agregam e não agregam valor para cada mix de produção é comparada aos valores obtidos atualmente. A Figura 17 apresenta a comparação para a célula 1, onde as principais alterações foram para os mix de produção de 1 Modelo B e 1 Modelo C e 2 Modelos B. A produção de 2 Modelo A também apresenta melhorias, mas as outras produções (1 Modelo A + 1 Modelo B e 1 Modelo A + 1 Modelo C) obtiveram poucas alterações.

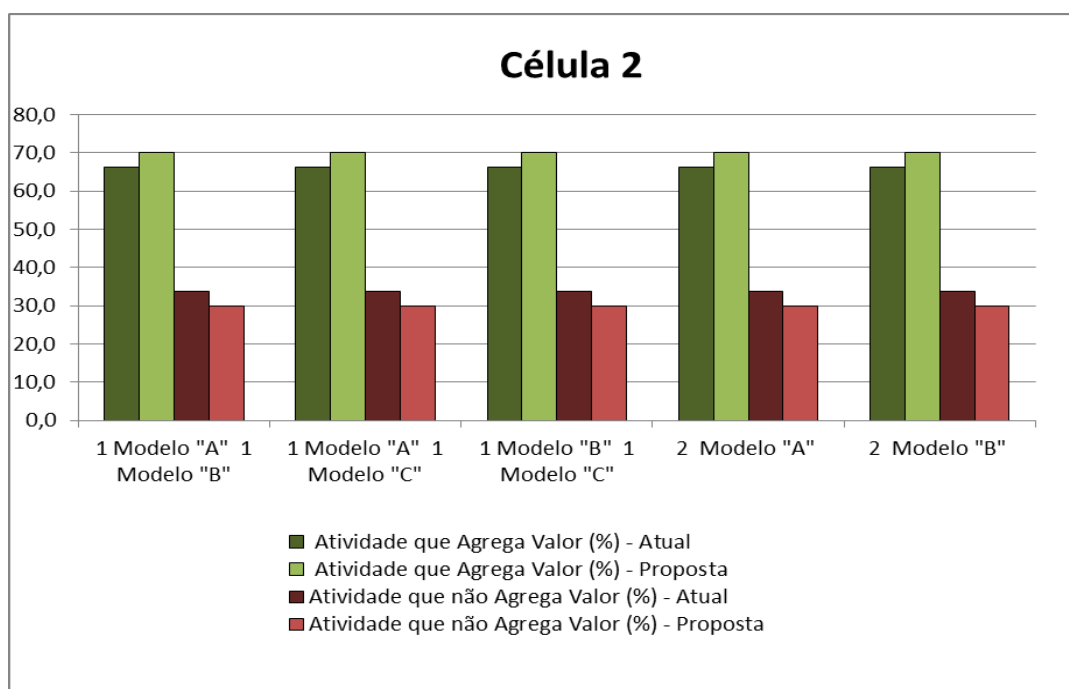
Figura 17 – Comparação entre atividades para a célula 1



Fonte: o Autor.

Já para a célula 2 todos os mix de produção apresentaram redução das atividades que não agregam valor para a programação proposta. Houve aumento das atividades que agregam valor em comparação com a programação da produção atual (Figura 18).

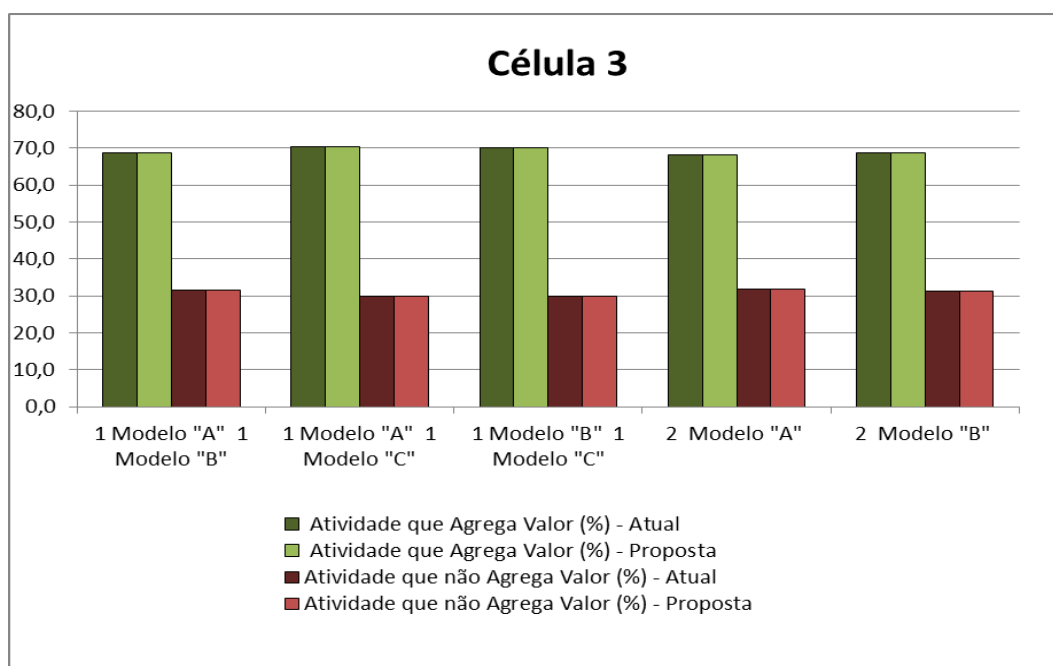
Figura 18 – Comparação entre atividades para a célula 2



Fonte: o Autor.

Na mesma comparação que a célula anterior, a célula 3 não apresentou alteração em nenhum dos mix de produção, conforme demonstra o gráfico apresentado na Figura 19.

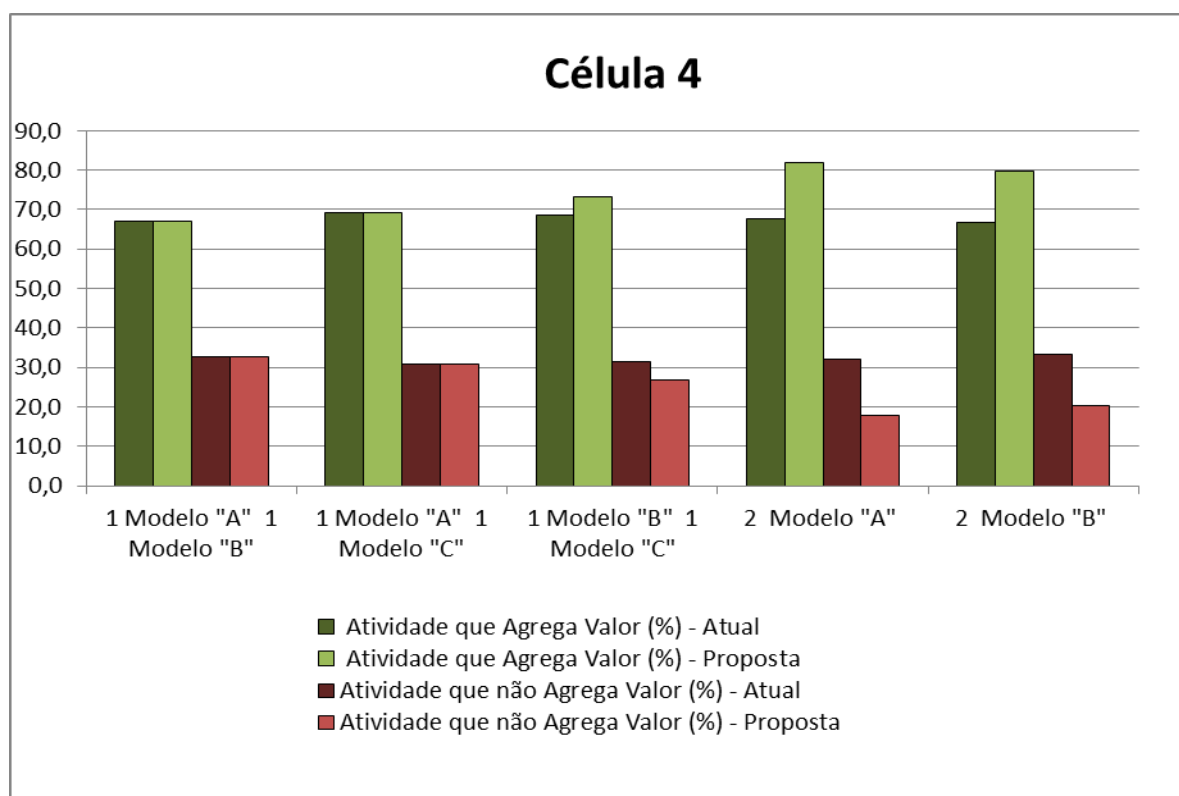
Figura 19 – Comparação entre atividades para a célula 3



Fonte: o Autor.

A Figura 20 apresenta a comparação para a célula 4, onde as principais alterações foram para os mix de produção de 1 Modelo B e 1 Modelo C, 2 Modelos A e 2 Modelos C, sofrendo esses dois últimos as maiores alterações. As outras produções (1 Modelo A + 1 Modelo B e 1 Modelo A + 1 Modelo C) apresentaram poucas melhorias nos valores das atividades em comparação com a programação da produção atual.

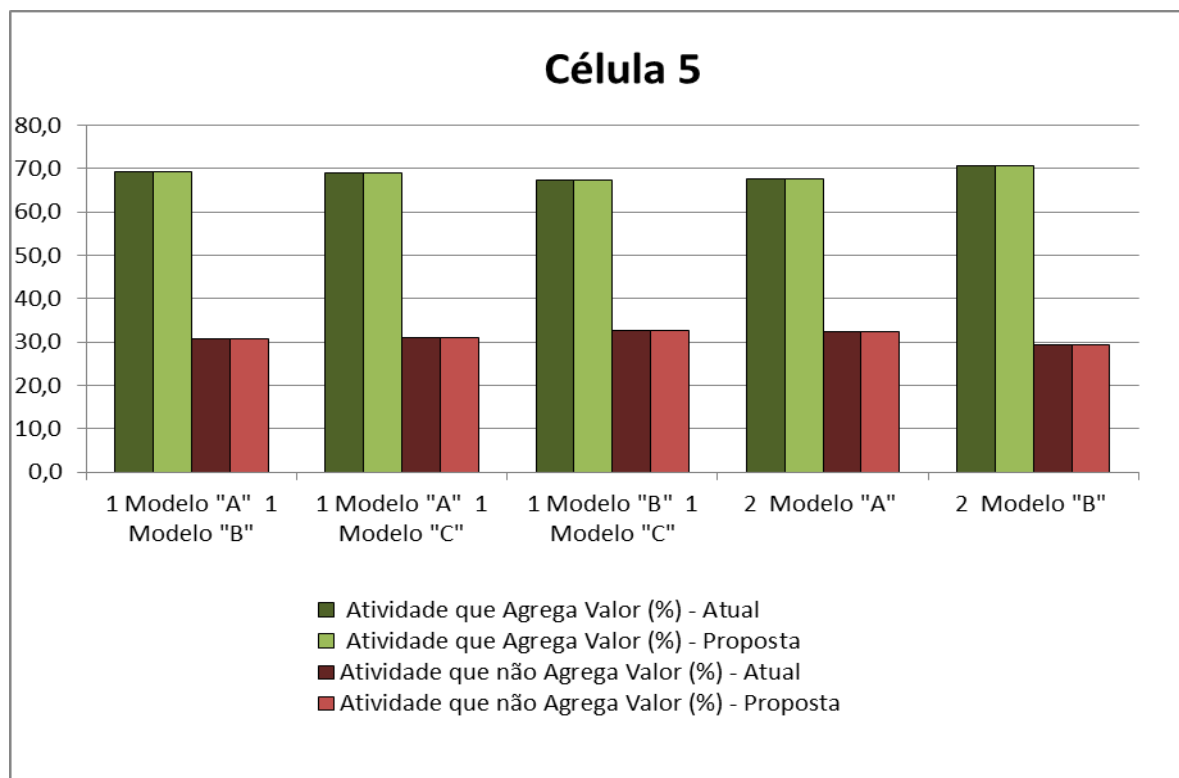
Figura 20 – Comparação entre atividades para a célula 4



Fonte: o Autor.

Por sua vez, para a célula 5 não foi possível obter redução nas atividades que não agregam valor para a programação proposta, pois o percentual das atividades agregadas a esta célula não refletiu na diminuição da mesma (Figura 21).

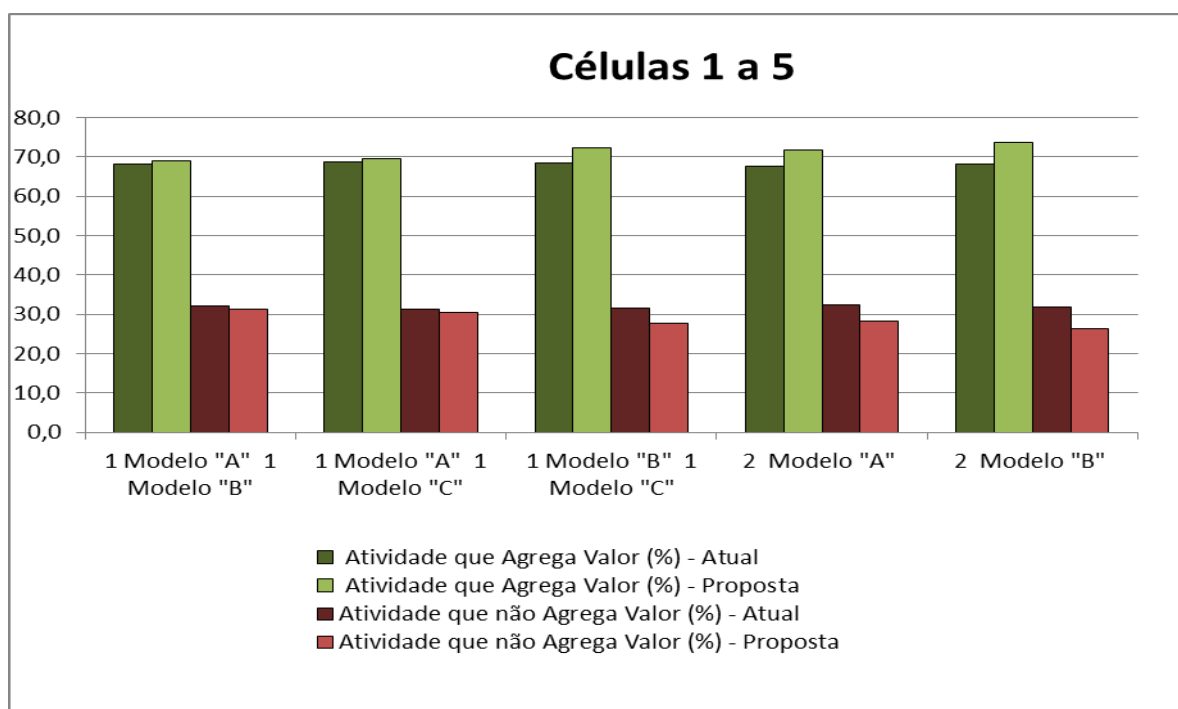
Figura 21 – Comparação entre atividades para a célula 5



Fonte: o Autor.

A comparação entre o resultado total de todas as células é apresentada na Figura 22, onde é possível identificar que todos os modelos apresentaram melhorias, embora os mix de produção de 1 Modelo B + 1 Modelo C, 2 Modelos A e 2 Modelos C foram os que apresentaram os melhores resultados. O Mix de produção com 2 Modelos B aumentou em 5,5% as atividades que agregam valor; o mix de 2 Modelos A aumentou em 4,1% as atividades que agregam valor; a produção de 1 Modelo B + 1 Modelo C proposta tem 3,8% a mais de atividades que agregam valor do que a atual; por fim, os mix de 1 Modelo A + 1 Modelo B e 1 Modelo A + 1 Modelo C apresentaram ambos aumento de 0,8% nas atividades que agregam valor.

Figura 22 – Comparação entre atividades para todas as células



Fonte: o Autor.

A comparação entre a produtividade do mix mais utilizado (1 Modelo A + 1 Modelo B) entre a programação proposta e a atual é apresentada na Tabela 20, apresentando melhoria de 1%.

Tabela 20 – Resultados obtidos

	Cálculo efetuado	Resultado
Produtividade Atual	$[(1*5*35,04)+(1*5*37,04)+(0*5*42,42)]/9*44$	91%
Produtividade Proposta	$[(1*5*35,22)+(1*5*37,37)+(0*5*41,96)]/9*44$	92%
Takt time	$498/(1+1+0)$	249 min.
Restrição	8 horas e 48 min. * 2	17 h 36 min.

Fonte: o Autor.

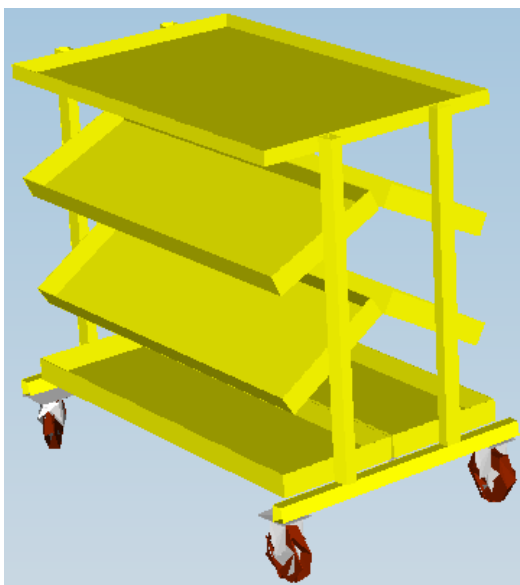
4.3 MELHORIAS PROPOSTAS

As melhorias propostas ressaltam, essencialmente, a redução de perdas. As maiores perdas do sistema produtivo identificadas são referentes à movimentação e a remoção de respingos. Quanto à remoção de respingos, já está sendo utilizada na empresa uma solução antirespingo, uma melhoria para essa perda.

4.3.1 Redução de perdas: movimentação

A proposta é disponibilizar, em cada célula, um carro de aproximação para que o operador possa buscar as peças no Carro Kit. Desse modo, ele vai com o carro de aproximação até o Carro Kit e pega uma quantidade (10 ou 20 peças, dependendo da capacidade do Carro), retornando ao dispositivo de solda para a montagem das mesmas. Como atualmente o operador não tem estes carros de aproximação, ele necessariamente vai até o carro Kit e pega apenas uma peça, retornando então para a montagem da mesma no dispositivo. Dessa maneira, o operador precisa se deslocar várias vezes, aumentando o tempo de movimentação. O Carro Kit pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 23 – Carro kit



Fonte: Empresa pesquisada, 2013.

O carro de aproximação está mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Carro de aproximação

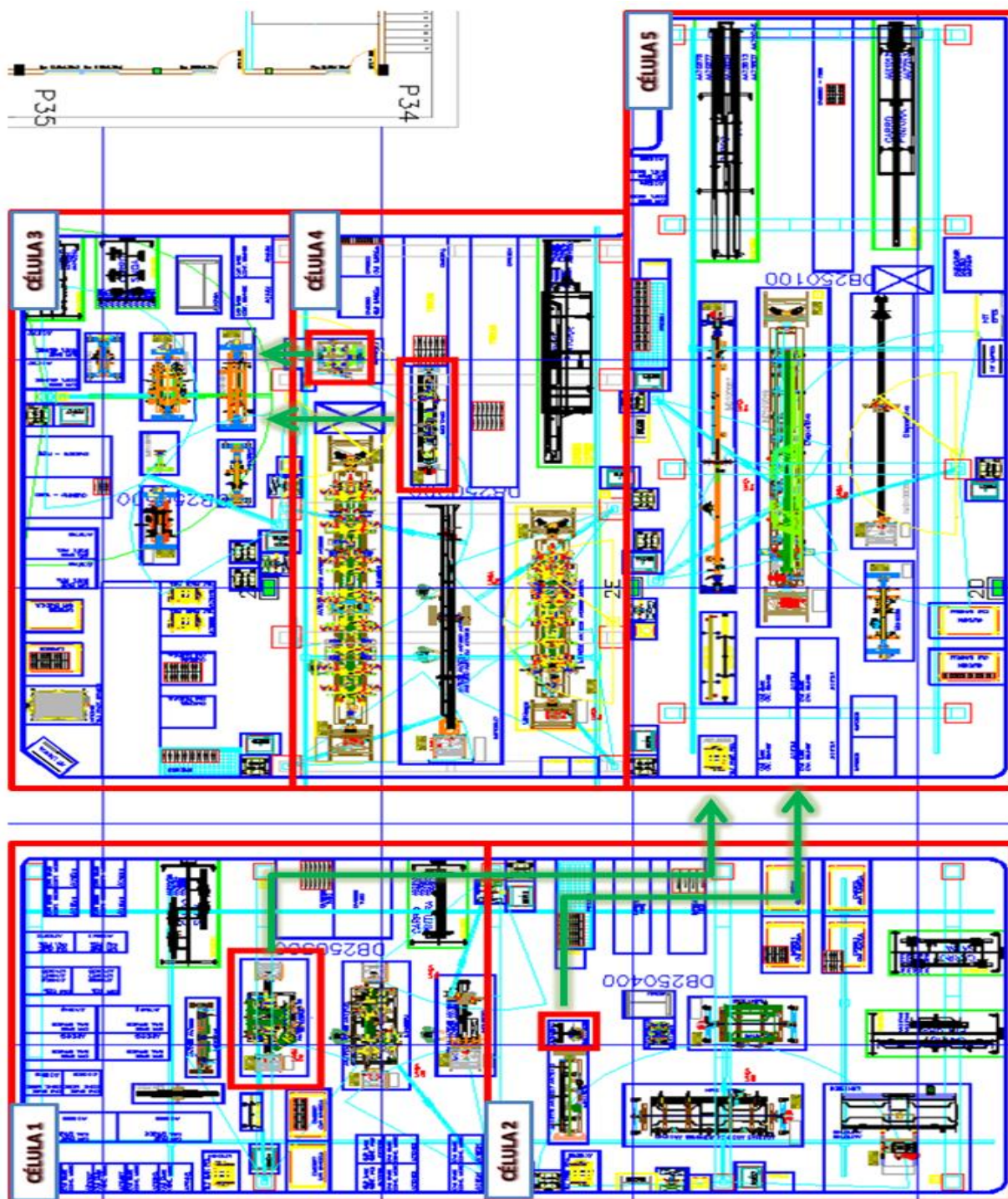


Fonte: Empresa pesquisada, 2013.

4.3.2 Desbalanceamento das células

A solução proposta para o desbalanceamento das células é mover componentes de uma célula para outra, diminuindo as atividades em uma e aumentando em outra, de acordo com a disponibilidade de recursos. Conforme a proposta de alteração apresentada são necessárias alterações no layout, como apresenta a Figura 25. Estas alterações tratam-se de mover os dispositivos de solda de uma célula para outra, bem como seus componentes que são utilizados para soldar em cada dispositivo.

Figura 25 – Alterações no layout



Fonte: Empresa pesquisada, 2013.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um estudo que teve como objetivo a identificação e a análise do balanceamento atual da linha de soldagem de uma empresa do ramo metal mecânico, buscando possibilidades e oportunidades de melhorias no sistema produtivo utilizado.

Para tanto, identificaram-se os tempos, tarefas e programação da produção para os mix produtivos da linha, avaliando o tempo de cada atividade, assim como os recursos e máquinas utilizados para a realização destas. Através dos dados obtidos obteve-se a produtividade do sistema e percentuais de atividades que agregam/não agregam valor ao processo produtivo.

A partir desses dados, realizou-se uma análise, identificando-se dentro das atividades que não agregam valor as mais relevantes para o processo, e oportunidades de melhorias, assim como a possibilidade de utilização de técnicas de balanceamento de operações, a qual foi desenvolvida através do deslocamento de componentes soldados de uma célula para outra.

Finalizou-se esse estudo com a comparação entre os resultados das melhorias propostas e do sistema produtivo atual, sendo possível observar que através do deslocamento de componentes soldados de uma célula para outra é possível obter um melhor balanceamento de recursos entre as células de soldagem.

Portanto, atingiram-se todos os objetivos específicos deste trabalho, uma vez que foi identificado o processo atual, analisado as tarefas e tempos, avaliados os resultados obtidos e identificadas as perdas, sendo por fim definidas as melhorias pertinentes ao processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.S. et al. **Utilização da simulação em ARENA 7.0 no auxílio ao balanceamento da célula de montagem de uma fábrica de calçados.** In: ENEGEP. n. XXVI, 2006, Fortaleza CE, outubro.

ANDRADE, M. M. de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação.** São Paulo: Atlas, 1997.

ASSIS, R. **Balanceamento de uma linha de produção.** 2011. Disponível em: < <http://www.rassis.com/artigos/Operacoes/Balanceamento.pdf>> . Acesso em: 26 março 2013.

AZEVEDO, I. B. de. **O prazer da produção científica.** 7. ed. Piracicaba: UNIMEP, 1999.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho.** 6.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Bookman, 1998.

BLATI, A. C. et al. **Balanceamento de operações:** Aplicação da ferramenta de balanceamento de operações em uma linha de produção de bombas de combustíveis. 75f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRPII e OPT.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FARNES, V.C.F.; PEREIRA, N. A. **Balanceamento de linha de montagem com o uso de heurística e simulação:** estudo de caso na linha branca. In: SIMPEP. n. XIII, 2006, Bauru SP, novembro.

FERNANDES, F.C.F.; DALALIO, A.G. **Balanceamento e rebalanceamento de linhas de montagem operadas por grupos de trabalho auto gerenciados.** Gestão & Produção. v.7, n.3, 378-398, 2000.

GEORGE, M. L. **Lean seis sigma para serviços.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Ed. Atlas, 2002, 47p.

HARRINGTON, J. **Business process improvement workbook:** documentation, analysis, design and management of business process improvement. New York: McGraw-Hill, 1997.

HENKEL. **Henkel apresenta solução para proteção de longa duração contra respingos de solda:** proteção cerâmica. Disponível em:<http://www.henkel.com.br/noticias-2011-6210_henkel-apresenta-soluco-para-proteco-de-longa-duraco-contra-5979.htm>. Acesso em: 15 outubro 2013.

KESEN, S.E. et al. **Analyzing the behaviors of virtual cells (VCs) and traditional manufacturing systems:** Ant colony optimization (ACO)-based metamodels. Computers & Operations Research. Konya, v.7, n.36, 2275-2285, 2009.

KRICK, E. **Introdução à Engenharia.** São Paulo, Atlas: 1976

LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva, 1998.

_____. **Administração da Produção.** 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean.** Tradução de Lean Institute Brasil. 2. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios do Lean Thinking.** Coordenação José Roberto Ferro. Desenvolvido por Lean Institute Brasil em 1998.

LEAN MANUFACTURING. **Gestão Industrial:** Lean Manufacturing. Disponível em:<<http://ges.taoundustrial.com/leanmanufacturing.htm>>. Acesso em: 30 março 2013.

LIDA, I. **Ergonomia. Projeto e Produção.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1993.

MAZIERO, L. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço no Planejamento de Obras Repetitivas:** Um levantamento das Decisões Fundamentais para a sua Aplicação. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 1990.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações.** 5.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

_____. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

NAHAS, M. V. **Atividade Física, Saúde e Qualidade de Vida:** Conceitos e Sugestões para um Estilo de Vida Ativo. Londrina: Midiograf, 2001.

PEINADO, J.; GRAEMI, A. R. **Administração da Produção. Operações Industriais e de Serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.

ROCHA, D. **Fundamentos Técnicos da Produção**. São Paulo: Makron Books, 1995.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil: Artsgraph, 2002.

SEIBEL, S.. **Material de Apoio Lean – JIT**. UDESC. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/porta/professores/seibel/materiais/03_Material_de_Apoio_Lean_JIT__2008.pdf>. Acesso em: 13 maio 2013.

SEVERIANO FILHO, C. **Um enfoque vetorial da produtividade em um sistema de avaliação para a manufatura avançada na indústria de alimentos**. Florianópolis; UFSC, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2.ed. São Paulo: Livraria Bookman Companhia Editora / Artmed Editora S.A., 1996.

SILVA, G. G. M. P. **Implantando a manufatura enxuta**: um método estruturado. 2009, 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SILVA, L.M.F et al. **Utilizando o software arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. In: ENEGEP. n. XXVII, 2007, Foz do Iguaçu PR, outubro.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

_____. **Administração da Produção**. Trad. de M. T. C. de Oliveira, F. Alher. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Gerenciamento de operações e de processos**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscila Martins Celeste. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

_____. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas:** Elimine o Desperdício e Crie Riquezas. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.