

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTA DE REDUÇÃO DE
CUSTO USANDO O MÉTODO LEAN JUNTAMENTE COM A
MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTADORIZADA EM UMA
LINHA DE SOLDA DO ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETAS
DE UMA INDÚSTRIA DO POLO DE DUAS RODAS DO PIM

JEAN CARLOS SENA DE FREITAS

MANAUS
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

JEAN CARLOS SENA DE FREITAS

DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTA DE REDUÇÃO DE
CUSTO USANDO O MÉTODO LEAN JUNTAMENTE COM A
MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTADORIZADA EM UMA
LINHA DE SOLDA DO ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETAS
DE UMA INDÚSTRIA DO POLO DE DUAS RODAS DO PIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para elaboração da dissertação, visando à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de gestão de Operações, Serviços e Processos.

ORIENTADOR: PROF. DR. ARMANDO ARAÚJO DE S. JUNIOR

MANAUS
2017

RESUMO

Com a recente crise no mercado brasileiro que tem gerado grande retração das vendas de veículos de duas rodas, o mercado tem-se tornado cada vez mais acirrado e competitivo, obrigando empresas a se aperfeiçoarem para tornar seus produtos mais atraentes a baixo custo, superando concorrentes e oferecendo produtos que atendam às necessidades dos clientes. Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo propor, mediante a utilização de software de simulação computacional, melhorias em uma linha de solda de escapamento para motocicletas que permitam a redução de custo de processos. (detalhas a metodologia) Para isso, foi realizado o mapeamento da cadeia de valor atual e confirmado pelo modelo computacional e depois identificou-se os pontos de melhorias os quais foram apresentados no mapa da cadeia de valor futuro. Na proposta de melhoria, foi apresentado a mudança do fluxo e estoque de processo. Com isso, provou-se que é possível reduzir custos com estoques, funcionarios e lead time. A partir dos resultados obtidos, sugeriu-se a extensão desta pesquisa para o resto das linhas da fabrica.

Keywords: *Lean Manufacturing*. PDCA. Sistema Toyota.

ABSTRACT

With the recent crisis in the Brazilian market that has generated a large decline in sales of motorcycles, the market has become increasingly fierce and competitive, forcing companies to improve their skills to make their products more attractive and low-cost, surpassing competitors and offering products that meet customer needs. In this context, the research aimed to propose, through the use of software of simulation, improvements in a line of exhaust soldering for motorcycles that allow the reduction of process costs. For this, the mapping of the current value chain was carried out and confirmed by the computational model and then the improvement points were identified and presented in the map of the future value chain. In the improvement proposal, the flow and process stock change was presented. With this, it has been proven that it is possible to reduce inventory, staff and lead time costs. From the results obtained, it was suggested the extension of this research to the rest of the lines of the factory.

Keywords: *Lean Manufacturing*. PDCA. Sistema Toyota.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Geral	9
1.2.2 Específicos	9
1.3 JUSTIFICATIVA.....	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
1.4.1 Introdução	12
1.4.2 Referencial Teórico	12
1.4.3 Método proposto	12
1.4.4 Desenvolvimento do trabalho	12
1.4.5 Conclusões e recomendações para trabalhos futuros	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	14
2.1.1 Muda´s – Os 7 Desperdícios	16
2.1.2 Princípios	18
2.1.3 Ferramentas	19
2.1.3.1 <i>Kaizen</i>	19
2.1.3.2 <i>Kanban</i>	20
2.1.3.3 <i>Value Stream Mapping</i>	21
2.1.3.4 5S	28
2.2 MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS.	29
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
3.1 APRESENTAÇÃO DO LOCUS DA PESQUISA.....	38
3.2 MÉTODO DA PESQUISA	42
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	43
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
4 RESULTADOS DA PESQUISA	46
4.1 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM	46

4.1.1	Levantamento dos dados da Situação Inicial	46
4.1.2	Mapeamento da cadeia de valor atual	51
4.1.3	Identificação das atividades que não agregam valor	61
4.1.4	Elaborar o Mapa da Cadeia de Valor futura	61
4.1.5	Análise da modelagem	65
5	CONCLUSÕES.....	67

1 INTRODUÇÃO

No mundo pós-moderno, o capitalismo governa como sistema econômico predominante ao redor do mundo, onde os meios econômicos das nações pertencem em quase sua totalidade ao capital privado, que tem o lucro como principal objetivo (GIANNOTTI, 2002).

A competitividade é um termo que apesar de ser entendido por muitos como uma definição precisa e universal é desconhecida (FEURER, 1994; PAIVA, 2015). No entanto, com a introdução de novas tecnologias no meio industrial, como fruto da criação de novos produtos/processos, em consequência de parcerias entre universidades e empresas, e a facilidade de disseminá-las com a globalização, a competitividade no mundo dos negócios pode ser entendida como a maneira que as organizações convencem seus clientes de que seus produtos são melhores que dos seus concorrentes (NOBREGA *et al.*, 2014).

Como consequência, a crescente disputa e o incansável esforço para mudar e inovar tem-se tornado o principal requisito para sobreviver aos novos tempos (SOUTO, 2000), que levam empresas a não medirem recursos nem esforços para se adequarem às novas condições do mercado (DIEDRICH, 2002), permanecendo competitivas e atingindo seu principal objetivo, serem lucrativas.

No cenário atual, e com o aumento do dólar e retração das vendas, é impossível para as empresas com operações no Brasil se esquivarem da necessidade de mudar e reinventar constantemente seus sistemas produtivos (DIEDRICH, 2002). Entre as estratégias competitivas que estas empresas podem adotar é a estratégia da liderança do custo total, ao encarar o novo cenário e evoluir seus processos produtivos, a fim de produzir, com mais qualidade usando cada vez menos recursos (PORTER, 2008; SOUZA, 2014).

Isto implica numa busca incansável pela redução de desperdícios, que são comparados a uma verdadeira hemorragia no lucro das organizações. A Redução de desperdícios, e conseqüentemente, a redução de custos, deve estar na mente de todos os membros, desde o mais baixo na estrutura organizacional até a alta cúpula da organização.

Nessa direção, uma das metodologias utilizadas, principalmente no chão de fábrica, e que tem demonstrado resultados significativos, comprovados ao longo dos anos, na redução do custo de produção é o Lean Manufacturing ou, Sistema Toyota de Produção (STP) (SHINGO, 1996; CORRÊA, 2010).

O STP como é referido, é um método de redução de custo desenvolvido na Toyota nos anos 70 pelo seu ex-vice-presidente de manufatura, Taiichi Ohno, que permitiu a empresa enfrentar a difícil crise do petróleo que desestabilizou a economia mundial.

A filosofia surge visando aperfeiçoar o sistema produtivo japonês, com o principal objetivo de alcançar a máxima produtividade mediante a redução dos desperdícios dos recursos produtivos. Nesta época, a indústria japonesa tinha uma produtividade muito baixa e uma enorme falta de recursos, consequência de uma industrialização tardia e devido à segunda guerra mundial, o que naturalmente a impedia de adotar um modelo de produção em massa (SHINGO, 1996; CORRÊA, 2010).

Desta forma, para as indústrias que desejam permanecer no mercado e sobreviverem em tempos de crise, deverá aprender a criar e inovar no seu processo, a fim de estancar os desperdícios, permitindo adotar estratégias mais competitivas e agressivas contra a concorrência. A filosofia *Lean*, criada pela Toyota em tempos difíceis, é uma excelente ferramenta para impulsionar novamente uma organização e permitir retomar agressivamente o mercado consumidor.

No entanto, muitas vezes, a adoção de estratégias requer mudanças no chão de fábrica que podem acarretar em custos, e para contornar isso, surge a simulação computacional, que se apresenta como uma ferramenta que facilita a compreensão das variáveis mais importantes do sistema, auxiliando no processo decisório (FILHO, 2008 *apud* NETO *et al.*, 2014).

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

O cenário econômico atual em que vive a indústria brasileira não tem se demonstrado favorável para os fabricantes de veículos automotores. Em especial, no que se refere à indústria de motocicletas, localizada principalmente na Zona Franca de Manaus. Ao analisar o total de unidades produzidas no país nos últimos anos, é possível identificar que houve uma queda brusca no volume de unidades produzidas. Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO) que tem como missão defender, apoiar e divulgar os interesses e ações do Setor de Duas Rodas, a produção de 2015 teve uma queda de 16,80% do total de unidades produzidas em relação a 2014. Já, este número se agrava quando comparado ao total de 2008, que totalizou uma queda de 41,02%.

Demissão em massa, construções de novas fábricas interrompidas, negociações de folgas, tem sido o reflexo das medidas vividas pelo setor. Entretanto, apesar deste cenário desanimador, com a redução dos excessos, as organizações tem conseguido enxergar os desperdícios e ineficiências que possuía seu processo produtivo, incentivando na continuação da identificação e erradicação dos desperdícios. Isto é, apesar da crise, as organizações têm mantido os investimentos constantes e equilibrados (ABRACICLO, 2016), com o objetivo de melhorar seus processos produtivos, e aperfeiçoar seus produtos, de forma que permitam reduzir custos e manter o volume de vendas. Logo, a procura constante por reduzir desperdícios tem sido a principal prioridade das empresas do ramo de duas rodas.

A empresa analisada é fabricante de veículos automotores no segmento de duas rodas, instalada no Polo Industrial de Manaus (PIM), que devido à dificuldade que os clientes encontram em obter financiamento junto aos bancos para a compra dos seus produtos (POGGETTO, 2009; FREITAS, 2015), somada a concorrência com montadoras chinesas, cujo processo de fabricação primário encontra-se instalado na China, tem gerado grande retração das vendas de motocicletas da marca. Assim, a empresa objeto de estudo tem procurado reduzir seus custos de produção para manter o lucro mesmo com a redução da demanda.

Desta forma, diante da presente realidade, os conceitos do Sistema Toyota de Produção, a análise de valor, análise do processo, análise das operações e a análise de desperdícios foram estudados através de estudo de caso, dentro do departamento de fabricação do conjunto de escapamento da fábrica de motocicletas, por apresentar dificuldades de atendimento da produção e da dificuldade de observar os resultados do departamento.

A motivação do projeto foi norteadada pelo evidente acúmulo de estoque, a falta de organização e a dificuldade de identificar fluxos. Aliado a estes problemas, a fábrica está estruturada para produzir um total de dois milhões de motocicletas ao ano, porém, com a atual crise, a demanda pelos seus produtos é inferior a dois quintos da sua capacidade máxima, forçando a empresa rever seu sistema produtivo, a fim de reduzir custos e continuar a manter seu expressivo *marketshare* de 80%.

Nesta direção, a questão norteadora da pesquisa ficou definida como: quais seriam as principais estratégias que a empresa poderia adotar para aperfeiçoar seu processo produtivo e reduzir seus custos de produção?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Propor, mediante a utilização de software de simulação computacional, melhorias em uma linha de solda de escapamento para motocicletas que permitam a redução de custo de processos.

1.2.2 Específicos

- Mapear e identificar o Fluxo de Valor Atual da linha de produção;
- Identificar as causas e problemas que oneram os custos de produção;
- Projetar o Fluxo de Valor Futuro da linha com a utilização de simulação computacional;
- Avaliar os resultados da otimização.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os ganhos verificados com a implantação da filosofia *Lean* demonstram os benefícios que as indústrias podem obter no âmbito da qualidade, flexibilidade e tempo de resposta ao consumidor mediante a redução dos desperdícios intrínsecos ao seu processo produtivo.

Estes ganhos estão amplamente comprovados na literatura em trabalhos como os realizados por Fontes *et al.* (2013) e Guimarães (2014), cujos estudos demonstram os ganhos que a ferramenta consegue extrair das linhas de produção mediante a identificação e redução dos desperdícios.

No estudo de caso desenvolvido por Guimarães (2014) em uma linha de componentes de refrigeração, foi possível obter uma redução do custo dos produtos de aproximadamente 20% pela implantação de ferramentas do *Lean*, onde o Mapa de Fluxo de Valor (ou VSM) permitiu identificar os pontos de melhoria (*Kaizen*) e o *Kanban* permitiu a redução dos estoques intermediários.

Já no estudo realizado por Fontes *et al.* (2013) numa empresa aérea brasileira, utilizava a ferramenta *Lean* juntamente com o seis sigma, para identificar oportunidades de minimização de resíduos durante o processo de manutenção da aeronave. O estudo permitiu a identificação das fontes de resíduos do processo, assim gerando um ganho para empresa, visto que os resíduos utilizados como insumos dentro do processo de manutenção, tais como, filtros, produtos químicos, tintas, panos, equipamentos de proteção individual, entre outros, representam um potencial de redução de custo de 15% com baixo esforço e atendendo a regulamentação do setor.

Estes casos evidenciam que a sistemática *Lean* possibilita resultados satisfatórios na redução de custo de processos nas mais diversas empresas, e que se implantada, esta poderá reduzir seus desperdícios que elevam seus custos produtivos, e que na atual situação econômica do país, prejudica sua competitividade, e conseqüentemente, sua margem de lucro (OHNO, 1988; SHINGO, 1996).

Entretanto, é importante destacar que a realização da pesquisa, também permitirá o fortalecimento da relação entre indústria e academia, onde, a indústria procura por conhecimentos de trabalhos científicos que permitam desenvolver novos processos, melhores produtos e permitam aumentar seu lucro. Já a academia, necessita de um ambiente real, com problemáticas reais, que permitam estudos em que seja possível comprovar as hipóteses e teses estudadas, desenvolvidas e analisadas profundamente em salas de aula por professores, alunos e pesquisadores, as quais necessitam de uma comprovação científica, saindo do âmbito de hipóteses e concretizando-se em resultados para as empresas.

A importância desta relação para o meio acadêmico pode se observar com os programas de mestrados profissionalizantes, que surgem em 1999, e a diferença do mestrado acadêmico, cujo foco é a academia, este tem por objetivo formar profissionais qualificados cujo foco é o mercado de trabalho, e hoje, tem uma participação de mais de 45% do total de programas de mestrados registrados na CAPES em todo o Brasil (AVANCINI, 2014).

Nesse sentido, a empresa objeto desta pesquisa, teve que identificar as causas e problemas que oneram os custos dos produtos na sua linha de solda para a produção de escapamento das suas motocicletas, e sua problemática também possibilita um cenário real, capaz de fornecer condições que permitirão o estudo e comprovação da eficiência da ferramenta que será estudada na pesquisa, no caso, o Sistema Toyota de Produção.

É importante destacar, que mesmo a ferramenta sendo amplamente discutida no contexto acadêmico, e existindo vários trabalhos tratando da implantação em vários segmentos de indústria, os estudos sobre a implantação da filosofia *Lean* no subsetor de Duas Rodas do PIM ainda é incipiente.

Porem, na literatura pesquisada, constataram-se os trabalhos sobre a implantação da filosofia em países como Londres e Itália nos trabalhos de Morais (2015), que usando a metodologia conseguiu reduzir os problemas que causam paradas não programadas de máquinas de usinagem, e Chiarini (2014), que observou como as ferramentas *Lean* podem sustentar uma manufatura verde, identificando os impactos ambientais que são originados pelo processo produtivo,

assim como reduzir vazamentos de óleo e a redução de poeiras e químicos gerados pelas máquinas.

Adicionalmente, a pesquisa torna-se desafiadora e interessante, considerando o subsetor de atividade pesquisado e contribuirá para a inserção desta filosofia no Polo de Duas Rodas no PIM.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos, da seguinte estrutura:

1.4.1 Introdução

Apresenta-se o objetivo, contextualização e justificativa do trabalho, delimitações e método empregado.

1.4.2 Referencial Teórico

Neste tópico é abordado o entendimento referente aos aspectos considerados importantes para o desenvolvimento da pesquisa dentro da área de conhecimento pertinente a esta, de maneira a contribuir para a formação de uma base sólida de conhecimentos que permitiu no desenvolvimento deste trabalho e corroborando para alcançar os objetivos dele.

1.4.3 Método proposto

Neste capítulo aborda-se o método que foi aplicado no desenvolvimento do trabalho.

1.4.4 Desenvolvimento do trabalho

Apresenta-se sob a forma de aplicação de um estudo de caso real, com a utilização da filosofia proposta pela Toyota na redução de custo numa das linhas de solda de escapamento da fábrica de motocicletas do Polo Industrial de Manaus.

1.4.5 Conclusões e recomendações para trabalhos futuros

Neste capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho quanto aos objetivos propostos e quanto ao método de trabalho utilizado, bem como as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Antunes (1998) *apud* Santos (2002) ressaltam como o aprofundamento na base conceitual do referencial teórico, que trata o projeto mediante a revisão da literatura existente, em busca de pesquisas similares sobre o tema onde, conceitos, explicações e modelos teóricos existentes já empregados anteriormente é fundamental para o correto levantamento da situação atual da pesquisa, permitindo situar o estudo geral do conhecimento.

Partindo do princípio do mecanismo de agregação de valor pelo qual, um sistema produtivo qualquer, corresponde a um conjunto de atividades logicamente inter-relacionadas e estruturadas que através de cada etapa de processo transforma entradas (matérias e/ou insumos) em saídas (produtos e/ou serviços), agregando-lhes valor (VERGIDIS *et al.*, 2008; PAIM *et al.*, 2009 *apud* SANTOS *et al.*, 2010).

Neste contexto, considerando que o principal objetivo de toda empresa é obtenção de lucro (PORTER, 2008) e para isso, transforma insumos em produtos e serviços mediante seus processos de transformação, tornasse necessário a racionalização de processos, tema discutido desde os primeiros trabalhos de Taylor e Gilbreth, de modo a reduzir custos e aumentar a produtividade (VALLE *et al.*, 2008 *apud* SANTOS, 2011), esforço presente em filosofias de gestões modernas, como manufatura enxuta e gestão da cadeia de suprimentos, na redução de desperdícios (CORRÊA, 2010; CHIAVENATO, 2013).

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Neste pensamento, o Sistema Toyota de produção (STP), também chamado de produção enxuta e *Lean Manufacturing* é um sistema de gerenciamento de produção, desenvolvido na Toyota (CORRÊA, 2010), que visa a busca constante pela melhoria dos processos produtivos, de modo a alcançar a máxima produtividade mediante a redução dos custos do processo produtivo, que antes era tido por oculto aos gestores e que fica evidente com o sistema proposto pela Toyota (GHINATO, 1996). Para isso, é necessário identificar e eliminar toda e qualquer atividade que não agrega valor ao produto (SHINGO, 1996).

A filosofia teve início no Japão com o fim da segunda guerra mundial em 1945, na fábrica de automóvel da Toyota, a qual tinha como objetivo se tornar uma grande montadora, que definiu como meta atingir os mesmos níveis de desempenho que tinham as montadoras americanas (SHINGO, 1996; BARRETTO, 2012). Nesta época, a indústria japonesa tinha um grande desafio, já que a produtividade das indústrias japonesas era nove vezes inferior à americana, além da enorme falta de recursos, como resultado da guerra, o que naturalmente a impedia de adotar o modelo de produção em massa (SHINGO, 1988).

Sendo a produtividade americana muito superior à japonesa, começou-se a comparar ambos os sistemas e constatou-se uma única explicação: a diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção japonês. A partir daí o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas (SHINGO, 1996).

Com o sucesso do sistema Fordista, houve várias iniciativas em todo o mundo para alcançar o mesmo sucesso, inclusive, a Toyota Motor Co. tentou por vários anos sem sucesso, até que em 1956, o então engenheiro chefe da Toyota, Taiichi Ohno, em sua primeira visita às fábricas da Ford, observou que o sistema ainda precisava de ajustes e melhorias que permitisse sua aplicação na realidade no, então, mercado japonês, discreto e de demanda variada de produtos. Ohno notou que o sistema de produção desenvolvido por Frederick Taylor e Henry Ford procurava reduzir os custos unitários dos produtos através da produção em larga escala. Entretanto este sistema tinha que operar com estoques e lotes de produção elevados. Não havia grande preocupação com a qualidade do produto (SHINGO, 1996).

Com isso, o Sistema Toyota de Produção propôs utilizar lotes de produção pequenos, o que permitiu uma maior variedade de produtos. Exemplo: em vez de produzir um lote de 50 sedans brancos, produz-se 10 lotes com cinco veículos cada, com cores e modelos variados. Os trabalhadores são multifuncionais, ao contrário do Fordismo. Para a Toyota, a preocupação com a qualidade do produto é extrema. Problemas de qualidade geram retrabalho, onde, se um produto tivesse problemas de qualidade, teria que ser novamente reprocessado, agregando duas vezes o custo de matéria prima e componentes, ocupava o dobro do tempo da máquina e do

operador, em alguns casos, era necessária a realização de um novo processo, no qual teria que desfazer o processamento inicial, por exemplo: retirada da pintura antiga, desmontagem de componentes, o qual não agrega valor ao produto, mas sim custos da não qualidade (ANTUNES, 2008).

Logo, em vez de distribuir o custo da “não qualidade”, em lotes grandes, a Toyota procurou eliminar os custos, que permitisse trabalhar com lotes menores e diversificados. Com este intuito, foram desenvolvidas diversas técnicas e ferramentas, de grande simplicidade, mas extremamente eficientes para proporcionar os resultados esperados, assim, eliminou-se a necessidade de reprocessar o produto.

Analisando mais a fundo, pode-se afirmar que a verdadeira essência do sistema Toyota de produção, em outras palavras, é a perseguição e erradicação de toda e qualquer perda (desperdício). Comenta-se que o sistema é tão poderoso que poderia extrair água torcendo uma toalha seca (ANTUNES, 2008).

2.1.1 Muda´s – Os 7 Desperdícios

Os desperdícios são vilões que estão presentes em todos os processos, inclusive em processos modernos, alguns são evidentes, em outros nem tanto, existindo até mesmo aqueles que se escondem por baixo dos paradigmas, crenças e costumes herdados de outras épocas (SHINGO, 1996).

Analisa-se que uma forma simples de definir desperdício é tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar quando compra um produto ou serviço. Para a manufatura enxuta, o desperdício não significa somente a perda de tempo, mas também de dinheiro, por meio da sobrecarga dos recursos, que poderiam ser utilizados em outras funções, pelas ineficiências que ficam escondidas quando não temos a noção dos tipos de desperdício (SHINOHARA, 1988 *apud* FERREIRA *et al.*, 2016).

Ohno (1988) definiu os sete tipos de desperdícios como todas aquelas atividades que adicionam custo, mas não agregam valor. Numa Empresa *Lean*, estes sete tipos de *Muda* (desperdício em japonês) são objetos de uma busca sem

fim pela eliminação dos desperdícios. Aprender a enxergar o *Muda* a sua volta, é a chave para começar a sua jornada de transformação da sua organização.

Ohno (2002) *apud* Santos (2012), Werkema (2006) *apud* Santos (2012) e Bornia (2009) *apud* Santos (2012) descrevem sete desperdícios que são bem exemplificados pelo Gemba Reserch (2011) e que deverão ser eliminados numa empresa:

- Perda por Superprodução: acontece quando são produzidos itens além da demanda do cliente ou quando é antecipada a produção. Suas causas prováveis são o *Forecasting*, *setups* longos “para o caso” de quebras. Contramedidas: Produção puxada, Redução de *setup*, TPM e *Heijunka*;
- Perda por Espera: Ocorrem pela capacidade ociosa, isto é, pelo fato de os recursos não estarem prontos. Os principais fatores que aumentam esse desperdício são: sistema de produção empurrado, inspeção centralizada, atrasos na entrada de pedidos, falha na comunicação, atrasos entre processos e falta de sincronização da produção. Portanto, para evitar esse desperdício, deve-se principalmente usar um sistema puxado de processamento, produção no *Takt Time*, *Jidoka*, *Kaizen*, TPM;
- Perda por Transporte: São basicamente, as atividades de movimentação que não agregam valor ao produto. Geralmente é causada por falta de organização (5S), isto é, procura de material, material fora do alcance, etc. Logo a solução básica é a implantação do 5S;
- Perda por Processamento: Consiste em atividades de transformação que não são necessárias para a conclusão do processamento, de modo que o produto adquira o valor esperado pelo cliente. Acontece principalmente por uma má engenharia de produto e processo, gerando problemas de montagem, ferramentas inapropriadas ou de difícil manuseio. A contramedida é reduzir os tempos de preparação das máquinas, sistema puxado, lote unitário de transferência, *Kaizen*, balanceamento da produção e aumentar a confiabilidade do sistema;
- Perda por Estoques: Consiste na manutenção de peças, materiais ou produtos além do que é necessário naquele momento. Sua existência dentro de uma organização gera desperdícios e conseqüentemente, custos financeiros para

manutenção e obsolescência dos itens estocados. A forma de combater é com o uso do *Kanban*, redução de setups, planejamento de materiais, etc.;

- Perda por Movimentação: Se dá ao realizar movimentação desnecessária para concretizar a transformação do produto, inútil na consecução das atividades e ineficiente ao processo produtivo. Sua eliminação é conseguida com o atingimento de padrões;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: Acontece devido a não qualidade do processo. Quando na fabricação de itens fora das especificações de qualidade, ou seja, aquilo que o cliente entende por valor. Em geral, é o mais fácil de identificar e sua prevenção é feita mediante o uso de ferramentas como o *Pokayoke*, *Jidoka*, etc.

2.1.2 Princípios

Para o correto funcionamento do STP dentro de uma organização, é necessário entender que o STP é uma cultura e não a aplicação de um conjunto de técnicas e ferramentas para atingir a eficiência. Por isso, de acordo com Liker e Meier (2007) *apud* Kach *et al.* (2015), a filosofia está sustentada em um modelo de quatro colunas (categorias) denominadas como 4P's (*Philosophy*, *Process*, *People/Partners* e *Problem Solving*) que sustentam os 14 princípios que regem a filosofia.

Para Liker (2007) e Meier (2007, p. 27) *apud* Kach *et al.* (2015), são únicas para a Toyota, como segue:

- Filosofia: deve-se ver se a empresa é um meio para agregar valor aos clientes, à sociedade, à comunidade e aos seus funcionários. Seu princípio norteia que as decisões administrativas devem ser uma filosofia de longo prazo, mesmo se sobrepondo sobre as metas financeiras de curto prazo (LIKER E MEIER, 2007 *apud* KACH *et al.*, 2015)
- Processo: a experiência demonstra o processo certo que levará aos resultados certos. Seus princípios (LIKER E MEIER, 2007 *apud* KACH *et al.*, 2015):
- Criar um fluxo contínuo;
- Usar sistemas puxados;
- Nivelar a carga de trabalho;

- Obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa;
- Padronizar tarefas;
- Usar o controle;
- Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda a funcionários e processos.
- Pessoas e parceiros: procure desafiar os funcionários e parceiros a agregar valor para a organização;
- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros;
- Desenvolver pessoas e equipes.
- Solução de problemas: deve existir a busca contínua por identificar a causa raiz dos problemas para que gere uma aprendizagem;
- Observar por si próprio para compreender a situação;
- Tomar decisões por consenso, considerando completamente todas as opções;
- Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

2.1.3 Ferramentas

No processo de identificação e redução de desperdícios, o STP possui várias ferramentas que auxiliam no seu objetivo, as quais estão amplamente discutidas no mundo *Lean*:

2.1.3.1 Kaizen

Dentre as várias ferramentas desenvolvidas no *Lean Manufacturing*, o *Kaizen* se destaca por ser a ferramenta utilizada no processo de implantação das melhorias. Nas palavras do seu criador:

Kaizen significa melhoramento. Mais: significa melhoramento na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social, e na vida de trabalho. Quando aplicada para o local de trabalho, *Kaizen* significa melhoramentos contínuos que envolvem todo mundo – administradores e trabalhadores igualmente (IMAI, 1986 *apud* SLACK, 2002).

Seu principal objetivo é a busca da perfeição do sistema produtivo. Mas, também visa a melhoria contínua das condições de trabalho do homem, buscando integrá-lo ao processo de manufatura, aumentando sua satisfação com o processo.

A sua adoção de maneira sistemática foi o que permitiu a introdução dos conceitos e práticas da manufatura enxuta, permitindo garantir um bom planejamento, execução, acompanhamento e aprimoramento deles.

2.1.3.2 *Kanban*

O *Kanban* é uma das ferramentas de manufatura enxuta utilizada para gerir e coordenar a produção, com a quantidade e no momento necessário, conforme a necessidade do cliente (LAZARIN, 2014).

O sistema *Kanban* provê várias vantagens no gerenciamento da produção por permitir obter o mínimo de estoque, e desta forma reduzir o desperdício com estoque, tornando-se uma estratégia operacional (RAHMAN *et al.*, 2013).

Kanban é a palavra japonesa que significa cartão. A ferramenta controla a transferência de material entre cada operação. Em sua forma mais simples, é um cartão utilizado por um estágio cliente, para avisar seu estágio fornecedor que mais material deve ser enviado (SLACK *et al.*, 2002).

De forma geral, é um sinal de qualquer tipo que informa ao fornecedor que já é hora de fornecer ao seu cliente imediato a quantidade definida (lote de transferência) de material que ele precisa. Essa ação se repete em toda a cadeia de valor. Logo, quando a última estação finalizar o processo, ela irá sinalizar a estação anterior que necessita de material, a qual somente poderá fornecer quando acontecer o sinal. Isto se repete para todas as estações anteriores. Desta forma, o sistema produtivo se conforma como uma produção puxada. Já que o último irá puxar o material do antepenúltimo que irá puxar o material do antepenúltimo e assim sucessivamente. O objetivo do *Kanban* é que não haverá produção ou movimentação de material e enquanto o cliente não enviar o sinal para fazê-lo (LAGE JUNIOR *et al.*, 2008).

Na utilização do sistema *Kanban* pressupõe-se que exista determinada quantidade de peças nos armazéns (estoques) e entre as estações de trabalho. Em outras palavras, é assegurada a disponibilidade de peças suficientes para a formação dos produtos num dado período de tempo.

2.1.3.3 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que permite de maneira visual, representar todas as atividades de manufatura, o que inclui fluxos de materiais e de informação, assim como, o tamanho dos lotes de transferências (TAPPING, 2002 *apud* PATEL, 2015).

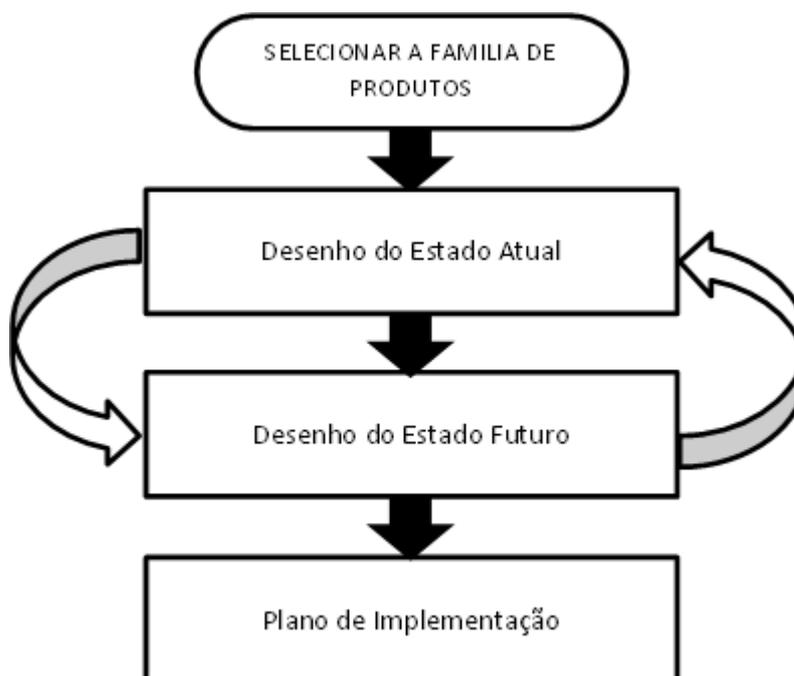
O VSM tem o poder de expor as atividades que não agregam valor para o processo produtivo, as perdas ou *muda* descritas por Ohno. Estas atividades consomem recursos, tanto financeiros como humanos e aumentam o lead-time sem agregar valor ao produto. Com o VSM, é possível mapear e identificar as atividades que realmente são necessárias e que realmente agregam valor, caso contrário, se não for possível eliminá-las completamente, deverão ser reduzidas ao máximo (PATEL, 2015; DUGGAN, 2012).

Com sua implementação é possível enxergar não só o processo de forma individual, mas também o fluxo completo. Possui o poder de identificar não só os desperdícios, mas como a fonte de cada um, o que a torna uma ferramenta muito usada na implantação do STP.

As atividades que agregam valor são aquelas que o cliente quer comprar, e definindo assim o conceito de valor para aquele produto e/ou serviço, o VSM se apresenta como uma ferramenta de grande ajuda para a implantação do STP, já que permite visualmente identificar as atividades (desde os gastos com materiais, com pessoas e informações) que agregam ou não valor e a possibilidade de ser melhorada mediante a reformulação do mapa a fim de reduzir prazos, custos e todo desperdício conforme o objetivo principal do STP (LIKER, 2005 *apud* BLAZEJUK, 2015).

Outra característica do VSM é permitir enxergar, mediante uma visão sistêmica, todas as interações e caminhos que os materiais e informações percorrem dentro do processo de transformação, representando pelo fluxo de processo e pelo fluxo de informação. Esta visão é obtida mediante quatro etapas apresentadas na figura 1 (RAHANI, 2012; ROTHER e SHOOK, 1999):

Figura 1 - etapas de implementação do VSM



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

O processo de implementação inicia com a escolha da família de produtos. No âmbito geral, a família de produtos é composta por aqueles produtos que possuem características similares ou atravessam por processos de transformação similares, utilizando os mesmos equipamentos ou similares (ROTHER e SHOOK, 2003).

Durante o Desenho do Estado Atual, é realizada uma representação gráfica ao que se chama de mapa, neste caso, de Mapa do Estado Atual, já que representa a visão atual, o qual deve ser realizado percorrendo todo o fluxo, identificando todas as atividades que agregam ou não valor, desde o cliente até o fornecedor. Nesta fase, deve-se identificar, de forma clara, quais são as definições de valor que o cliente procura no produto.

A etapa do desenho do Mapa do Estado Futuro tem por objetivo destacar quais são as fontes dos desperdícios, a qual, na implementação do novo fluxo futuro, deverão ser eliminados. Neste ponto está um enorme desafio, o de identificar o que tornará o Fluxo de Valor Enxuto.

Rother e Shook (2003) apresentam alguns questionamentos ou pontos chaves para a criação do mapa a fim de identificar e eliminar os desperdícios:

- Qual é o ritmo de produção (*takt time*) que irá atender o cliente?

Neste ponto, o questionamento é saber qual é a real demanda do cliente? Qual é a necessidade de produção necessária para atender a demanda? Segundo Votto (2013), para sustentar os princípios da produção enxuta é necessário nivelar a produção pelo *takt time*. A palavra *takt* tem origem alemã e tem por significado “Tambor”. Esta palavra remete ao ritmo, o qual estabelece a frequência na qual a linha de produção deverá produzir um produto acabado. Logo, conhecendo a demanda do cliente é possível calcular qual deverá ser o *takt* que será utilizado (OHNO, 1997; ALVARES, 2001 *apud* VOTTO, 2013).

Na hipótese do cliente, consumir 2.000 unidades de um produto “X” por mês, com a linha trabalhando em dois turnos de 8 horas cada, 20 dias por mês, o cálculo do *takt time* se dá pela seguinte fórmula:

$$Takt = (\text{Tempo Disponível})/\text{Demanda} \quad (1)$$

onde:

$$\text{Tempo Disponível} = 2_{\text{turnos}} \times 8_{\frac{\text{horas}}{\text{semana}}} \times 5_{\frac{\text{Dias}}{\text{semana}}} \times 4_{\frac{\text{Semanas}}{\text{mês}}} \quad (2)$$

$$\text{Tempo Disponível} = 320_{\text{Horas/mês}} \quad (3)$$

Resultando em:

$$Takt = \frac{320_{\text{Horas/mês}}}{2.000_{\text{und/mês}}} = 0,16_{\text{Horas/und}} \text{ ou } 9,6_{\text{seg/und}} \quad (4)$$

Logo, para a empresa atender a demanda dos seus clientes de 2.000 unidades por mês, ela deverá ser capaz de produzir uma unidade a cada 9,6 segundos.

- A produção acontecerá após o pedido do cliente ou mediante consumo de estoque?

Este questionamento reflete se a empresa deverá manter estoques de produtos acabados ou não. Caso a produção aconteça após o pedido, ela irá

produzir somente quando o cliente solicitar um produto, o que elimina a necessidade de estoques, porém, será mais demorado o atendimento da demanda.

- Onde é possível usar fluxo contínuo?

Fluxo contínuo é sinônimo de produção de lote unitário. O processo só poderá produzir novamente após o processo sucessor solicitar e assim sucessivamente. Desta forma, cada item é repassado imediatamente para o processo seguinte, eliminando de forma eficiente, estoques entre processos, paradas de processo e muitos outros desperdícios (ROTHER e SHOOK, 2003 *apud* VOTTO *et. al.*, 2013).

Entretanto, não é possível ter em todos os casos um fluxo contínuo, alguns equipamentos são projetados para operar com ciclos muito rápidos ou muito lentos, podendo implicar numa capacidade ociosa, caso seja submetido no fluxo contínuo, por exemplo, estampilhas e injetoras (VOTTO *et. al.*, 2013; ROTHER e SHOOK, 2003).

Na hipótese de um setor de estampilha, cujo ciclo médio de processo é 3 segundos, que fornece peças para o setor de solda, cujo ciclo médio é de 20 segundos, ao estabelecer um fluxo contínuo entre ambos os processos, tendo como *takt time* o tempo de 20 segundos, o departamento de estampilha terá sua capacidade desperdiçada, já que a cada peça produzida, ficará 17 segundos parados aguardando o setor da solda solicitar uma nova peça. Neste caso, devemos trabalhar em fluxo contínuo após o processo de solda e isoladamente nos processos anteriores.

- Onde serão introduzidos sistemas puxados?

Identificados onde é possível trabalhar com fluxo contínuo, é possível definir onde o sistema será puxado e onde será empurrado. A partir do ponto onde é necessário trabalhar com *buffer* (ou estoque), o sistema deverá trabalhar de forma puxada, consumindo o *buffer*, e nos processos anteriores, deverá trabalhar com sistema empurrado, já que deverá manter o *buffer*, de forma a garantir que não irá faltar material para o sistema puxado.

- Qual deverá ser o único ponto no fluxo a ser programado?

Com a linha trabalhando em fluxo contínuo, será evidente a relação de interdependência entre cada processo e ficará evidente como o último procedimento aquele que imprime o ritmo na linha, este por sua vez é conhecido como processo “puxador”, já que a maneira como for controlado este processo, ele afetará os anteriores.

- Como nivelar o *mix* (ou variedade de produtos) de produção no processo puxador?

Na maioria dos departamentos que possuem vários produtos diferentes, costumasse observar a ideia de produzir lotes grandes, a fim de evitar trocas. No entanto, para o STP, isto cria problemas para o resto do Fluxo de Valor, já que diminui a capacidade de resposta para as mudanças do mercado, e o cliente pode desejar um produto diferente do que se está produzindo. Isto força a manter estoques grandes de produtos acabados ou em processos.

Na contramão deste pensamento, está o nivelamento do *mix* de produtos, o que significa distribuir os *mix* de produtos de forma uniforme ao longo do tempo. Assim é possível obter o *Lead Time* menor, tornando possível atender as diferentes necessidades de cada cliente.

Esta situação é visível em setores que tem mais de um cliente, como é o caso de uma estamperia que atende peças para duas linhas de solda. Se ela produzir o lote do mês inteiro de uma das linhas, ela deverá manter um *buffer* de produtos acabados equivalente a um mês da outra linha. Logo, se houver alguma alteração das demandas das linhas de soldas, como por exemplo, problema de qualidade no lote inteiro, o departamento da estamperia será incapaz de atender a demanda.

Depois de desenhado o Mapa do Fluxo de Valor Futuro será a hora de executá-lo, caso contrário, o esforço realizado até aqui será nulo. Para esta etapa, consiste em dividir todas as alterações propostas em etapas, chamadas de *loop's* e em seguida realizar um planejamento das etapas de execução, que em geral são (ROTHER e SHOOK, 2003):

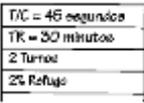
- Desenvolver um fluxo contínuo;
- Estabelecer um sistema puxado para controle da produção;
- Introduzir nivelamento;
- Praticar *Kaizen*.

Rother e Shook (2003) classificam os *loops* em 2 tipos: o *loop* puxador e os *loops* adicionais. O *loop* compreende todos os fluxos de materiais e informações entre o cliente final e o processo puxador dentro do Mapa do Fluxo Futuro. Os *loops* adicionais compreendem todos os fluxos de materiais e informação entre cada supermercado ou estoque.

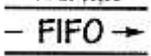
Para desenhar O Mapa de Valor, Rother e Shook (2003) apresentam algumas simbologias que permitem representar O Fluxo de Valor. Estes ícones estão divididos em ícones do fluxo de valor de material, ícones do fluxo de valor de informação e ícones gerais, e estão representados nos quadros 1, 2 e 3:

Quadro 1 - Ícones do fluxo de valor de material

(Continua)

 Processo	O símbolo de processo é utilizado para representar todos os processos, inclusive departamentos.
 Fontes Externas	O símbolo de fontes externas é utilizado para representar clientes e fornecedores e processos de produção externos.
 Caixa de Dados	Usado para registrar as informações de um processo, departamento, cliente, etc.
 Estoque	Representa a quantidade e o tempo do estoque.
 Supermercados	Estoque de peças controlado para programar a produção.
 Entregas via	Representa a frequência das entregas.

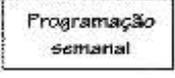
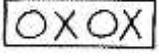
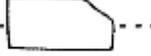
(Conclusão)

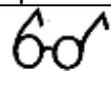
Caminhão	
 Fluxo de materiais empurrado	Representa o movimento de materiais para o processo seguinte sem ele antes solicitar.
 Fluxo de Produtos Acabados	
 Fluxo de Sequencia	Representa um dispositivo para garantir o fluxo de materiais FIFO (Primeiro a entrar, primeiro a sair).
 Retirada	Representa a retirada de materiais de um supermercado.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Quadro 2 - Ícones do fluxo de valor de informação

(Continua)

 Fluxo de Informação Manual	Representa o fluxo de informação Manual. Exemplo: Programação de produção.
 Fluxo de Informação Eletrônica	Representa o fluxo de informação Eletrônica. Exemplo: troca eletrônica de dados.
 Informação	Descreve um fluxo de informação.
 Nivelamento de Carga	Representa um balanceamento de mix de produção.
 Kanban de Retirada	Cartão: o dispositivo que representa a movimentação ou transferência de peças.
 Kanban de Produção	Cartão ou dispositivo que instrui a um processo a quantidade de peças que devem ser produzidas.
 Kanban de Sinalização	Sinaliza o ponto de reposição do lote de Kanban.
	Representa o local onde é colocado o <i>Kanban</i> .

Posto de Kanban	(Conclusão)
 Kanban Chegando em Lotes	
 Bola para Puxada Sequenciada	Representa a instrução de produção imediata de uma unidade de produto.
 Programação "vá ver"	Representa ajuste da programação mediante verificação visual.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Quadro 3 - ícones gerais

 Necessidade de Kaizen	Representa as melhorias necessárias para atingir o fluxo desejado.
 Pulmão ou Estoque de Segurança	Pulmão de segurança.
 Operador	Representa o colaborador do processo.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Além destes símbolos, Rother e Shock (2003) destacam a possibilidade de se criar novos símbolos, a fim de representar de forma mais fiel o fluxo de valor do processo.

2.1.3.4 5S

A ferramenta conhecida por 5S ou *housekeeping* (arrumação da casa), que tem seu nome pelas iniciais das cinco palavras de origem japonesa que representa as etapas de implantação: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. É um programa base para a implantação dos programas de qualidade nas empresas (LAVAGNINI, 2010; CORREIA, 2010, MARTINS, 2005; LAUGENI, 2010 *apud* LAVAGNINI, 2010):

Seiri – Senso de utilização: a primeira fase da metodologia 5S e consistem em manter a área de trabalho organizado, somente com o material necessário, remover da área tudo aquilo que não for utilizado para realizar o trabalho.

Seiton – Senso de organização: A segunda fase consiste em manter cada coisa em seu lugar. Osada (2004) *apud* Lavagnini (2010) conceitua que, organizar significa dispor as coisas nos lugares certos de maneira que possam ser prontamente usadas quando necessário.

Seison – Senso de Limpeza: em aprender a remover a sujeira do ambiente de trabalho, de forma que com o ambiente de trabalho e os materiais de trabalho limpos, existirá prazer em se trabalhar.

Seiketsu – Senso de padronização: consiste em padronizar todas as atividades de modo a criar uma repetição, que levará a reflexos que permitirão praticar os 3S anteriores de forma automática.

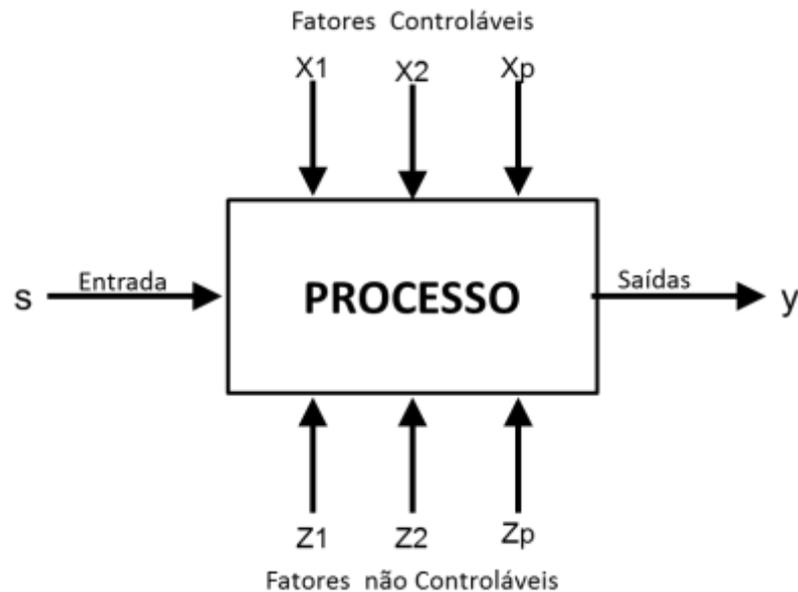
Seitsuke – Senso de disciplina: de certeza o senso mais difícil, significa manter de forma disciplinada tudo que leva a melhoria, colaborando com a qualidade e segurança do colaborador.

2.2 MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS.

Para entender o que é modelagem e simulação, torna-se necessário compreender o significado de sistema o qual, segundo Forrester (1990), pode ser definido como um conjunto de partes que atuam conjuntamente com o objetivo de atingir um propósito comum. Já segundo Banks *et al.* (1996) *apud* Gavita (2003), sistema pode ser conceituado como o grupo de objetos que reunidos mediante interações ou interdependência permitem alcançar algum propósito.

Montgomery (2005) complementa que um sistema ou processo pode ser representado pelo modelo da figura 2, onde o processo é formado pela combinação de operação, máquinas, métodos, pessoas e outros recursos que transformam entradas e saídas que possuem variável, que podem ser controladas ou não.

Figura 2 - Modelo geral de um processo ou sistema.



Fonte: Montgomery (2005) *apud* Becker (2015).

Desta forma, através da modelagem, procura-se prever os resultados mediante a mudança de estado dos fatores controláveis e não controláveis. Para Filho (2008) *apud* Neto (2014) e Medina (2010) *apud* Neto (2014) é possível classificar os modelos em: simbólicos, matemáticos e de simulação.

- Modelos simbólicos: são representados mediante gráficos. Exemplo: maquetes, fluxograma de processo, protótipo, etc;
- Modelos matemáticos: utilizam bases matemáticas ou mesmo estatísticas. Exemplo: o modelo de filas;
- Modelo de simulação: reproduz o comportamento real do sistema de forma computacional de modo a repetir o mesmo comportamento que o sistema apresentaria se submetido às mesmas condições.

O método de modelagem é a ferramenta através da qual é representado de modo simplificado um fenômeno ou objeto. Assim, é possível representar, de maneira simbólica, as relações dos componentes de um sistema, onde, mesmo que de maneira abstrata, é possível se aproximar do verdadeiro comportamento do sistema (MEDINA, 2010 *apud* NETO, 2014).

No entanto, Banks *et al.* (1996) *apud* Sakurada (2009) explica que apesar do modelo ser uma representação simplificada da realidade, este deve conter

detalhamento mínimo que garanta que o modelo possa ser utilizado como uma representação válida da realidade a qual se estuda.

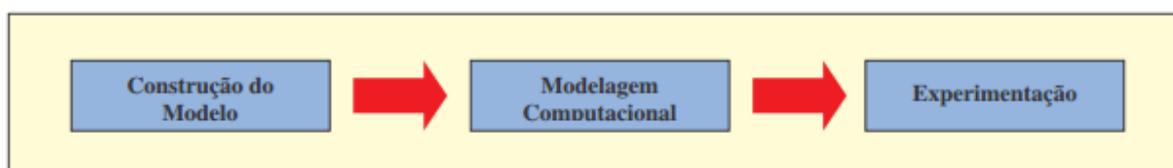
A simulação é a ferramenta que consiste em imitar o comportamento do sistema real mediante o uso de aplicação computacional do modelo (KELTON *et al.*, 2002 *apud* ARAGÃO, 2011). Desta forma, com esta técnica, através da alteração das variáveis de estado do sistema que representam o modelo é possível avaliar seu comportamento.

Atualmente a simulação tem sua realização mediante softwares, o que permite a facilidade e agilidade de simular sistemas mais complexos como um todo, considerando desde a etapa de construção dos modelos até a análise dos resultados a partir de relatórios gerados pelos próprios softwares (BOTASSOLI, 2015).

Os modelos computacionais têm permitido às indústrias observarem cenários ou condições que muitas vezes não seriam possíveis executar na vida real ou que seriam inviáveis, técnica e/ou financeiramente. Desta forma, num ambiente industrial, repleto de contínuas mudanças, as empresas procuram ser capazes de se prepararem para as mudanças, e o uso da modelagem por computador se tem demonstrado uma metodologia indispensável para os gestores de diversas áreas (VOGEL *et al.*, 2013 *apud* BEKER *et al.*, 2015).

Para Carvalho (2003), o processo de modelagem pode ser resumido em 3 etapas descritas na figura 3. O processo se inicia pela construção inicial do modelo, seguido pela tradução do modelo conceitual para computacional e finalmente, na última etapa, a experimentação para a obtenção da(s) melhor(es) alternativa(s).

Figura 3 - Etapas do processo de modelagem e simulação.



Fonte: Carvalho (2003).

Na etapa de Construção do modelo, é necessário um conhecimento minucioso do cenário ou sistema em estudo. Esta etapa tem por característica ser

parte empírica e parte técnica, já que é necessário o uso da criatividade juntamente com as ferramentas para potencializar a criatividade.

Na segunda etapa, é necessário o uso de ações planejadas para transformar o modelo lógico em operacional. Para isso é realizado:

- Coleta de dados e sua modelagem estatística;
- Programação, utilizando um software apropriado à natureza do problema;
- Verificação e validação.

Desta forma, é possível garantir a perfeita tradução das regras, ações e fenômenos do modelo.

Nesta etapa, a validação é de grande importância, já que avalia a confiabilidade do modelo que, segundo Chwif e Medina (2006), esta fase tem a finalidade de verificar a precisão do modelo e neste sentido é importante considerar alguns conceitos:

- O tipo de regime: existem dois tipos de regime numa simulação. O primeiro é o regime transitório, quando o modelo ainda não está aquecido, e nem todas as estações ocupadas, desta forma, os valores obtidos pelas medidas de desempenho não são confiáveis. E o último, o regime permanente, onde após o sistema ter aquecido (*warmup*) este estará em plena carga e as medidas de desempenho obtidas serão confiáveis;
- Simulação terminal ou não terminal: quando a simulação é dita terminal, significa que as atividades têm tempo certo para iniciar e terminar, isto é, têm turnos de trabalho definidos. O contrário acontece quando a simulação é dita não terminal, onde não se conhece o momento certo em que as atividades do sistema irão encerrar.

Já na última etapa, é realizada a experimentação, onde após a construção e validação do modelo, é realizada a simulação, através da variação das variáveis modeladas, a fim de poder fazer análises e avaliar o efeito que estas variáveis terão sobre o sistema. Este é o foco do processo de modelagem e simulação.

Na elaboração de uma modelagem por simulação, é importante ter conhecimentos de alguns conceitos necessários para a correta elaboração do modelo:

- Entidades: são os elementos que transitam pelo sistema e que sofrem processamento. Representa os elementos cujo comportamento o modelo deseja analisar. Elas podem ser classificadas por permanentes, temporárias, ativas e passivas;
- Evento: é o instante de tempo em que ocorre uma mudança de estado do modelo;
- Atividades: são os acontecimentos que são iniciados em cada evento. Toda atividade é composta por dois eventos, o que inicia a atividade e o que conclui a atividade;
- Processos: é a ordem cronológica de sucessão de eventos geralmente definidos por uma distribuição de probabilidade;
- Recursos: corresponde aquilo que a entidade requer para realizar algum evento.

Segundo Law e Kelton (2000) *apud* Aragão (2011) é possível classificar os modelos de simulação em três diferentes dimensões:

- Estático ou Dinâmico: esta dimensão refere-se à influência do tempo nas variáveis. Quando a simulação representa um sistema em determinado ponto ou simplesmente quando o tempo não desempenha nenhum papel importante no resultado, é dito que a simulação é estática, já quando a simulação representa um sistema que evolui ao longo do tempo, assim como um sistema de transporte em uma fábrica é dito que é dinâmico.
- Determinístico ou Estocástico: esta dimensão refere-se ao valor que as variáveis do modelo podem assumir. Quando as variáveis assumem valores exatos, não probabilístico, então é chamado determinístico, e os resultados da simulação serão sempre iguais, independentemente do número de replicações. Quando as variáveis de entrada assumem diversos valores dentro de uma distribuição de probabilidades a ser definida pelo modelador, o modelo é definido como estocásticos, fazendo com que os resultados gerados sejam diferentes a cada

reaplicação, em função da natureza aleatória das variáveis de entrada no modelo.

- Contínuo ou Discreto: esta dimensão refere-se à frequência que as variáveis sofrem alterações ao longo do tempo. Quando as variáveis do modelo sofrem mudança de estado de forma contínua ao longo do tempo a simulação se caracteriza como contínua, no entanto, quando estas mudanças acontecem instantaneamente em pontos aleatórios no tempo, a simulação se caracteriza como discreta.

O uso do processo de simulação tem-se mostrado uma ferramenta poderosa, principalmente para a indústria, por fornecer de forma eficiente, rápida e econômica, dados para tomada de decisões, isto é evidente em estudos como o de Santos (2014), onde foi demonstrado como pode ser realizada a implementação da simulação dentro de ambientes fabris. No estudo de Santos (2014) o uso de simulação por computador permitiu a pesquisa analisar a dinâmica operacional do processo de fabricação de placas de sinalização em uma pequena empresa da região oeste do Paraná. Após elaboração do modelo, foi possível testar, diferentes cenários através da mudança das variáveis em estudo, chegando finalmente a uma configuração dos funcionários na linha de produção obtendo um aumento da produção.

Apesar da simulação por computador ter se demonstrado eficaz na análise de problemas que não poderiam ser testados sem ela, Saliby (1989) *apud* Aragão (2009), Banks *et al.* (1996), Law e Kelton (2000) Aragão (2009) e Pegden *et al.* (1995) *apud* Aragão (2009) citam vantagens e desvantagens do uso da ferramenta.

Entre as vantagens encontram-se:

- Modelos mais realistas: o uso do computador permitiu maior liberdade na construção dos modelos, permitindo inserir maior número de variáveis, permitindo a experimentação de sistemas mais complexos e fiéis ao sistema real. Desta forma não é necessário enquadrar o modelo a um padrão para que seja possível obter a solução, como é no caso da programação linear.
- Processo de modelagem evolutivo: é possível iniciar com um modelo simples e ir aumentando a complexidade conforme for ajustando o modelo à realidade.

- Perguntas do tipo “e se?”: como na maioria dos projetos de simulação, em lugar da busca de uma solução, o objetivo resume-se em tornar mais claras as possíveis consequências por meio da análise de um conjunto de cenários. A partir do modelo original do sistema, pode se verificar o que aconteceria se as variáveis do modelo fossem alteradas.
- Aplicação a problemas “mal estruturados”: muitas vezes, o problema se refere a situações onde não se dispõe de todas as informações que interferem no sistema real forçando a supor o comportamento de algumas variáveis ou relações. Nestes casos, a simulação está entre as poucas ferramentas capazes de apresentar soluções para este tipo de problema.
- Facilidade de comunicação: os modelos de simulação computacionais são, na maioria das vezes, mais fáceis de compreender do que soluções analíticas, por exemplo, processo estocástico.
- Soluções rápidas: a evolução da tecnologia tem permitido a obtenção das soluções para simulação de modelos muitas vezes em poucos segundos.
- Grande flexibilidade: a ferramenta permite sua aplicação aos mais variados problemas.
- Aquisição de visão sistêmica: é possível ter uma visão do impacto que uma pequena alteração pode gerar no desempenho global de todo o sistema.
- Escolha correta: com a facilidade que a simulação permite, é possível simular vários cenários a fim de proporcionar o resultado mais satisfatório, sem mesmo realizar mudanças reais ou comprometendo recursos.
- Compressão e expansão do tempo: com a simulação é possível visualizar cenários de dias, meses ou anos no futuro.
- Exploração de possibilidades: com o modelo validado, é possível experimentar várias possibilidades, arranjos, métodos, etc., sem alterar o sistema real.
- Diagnóstico de problemas: a simulação permite uma compreensão apurada de como funcionam as interações entre as variáveis dos sistemas, mesmo os mais complexos, o que permite um diagnóstico preciso dos problemas.

Em contrapartida, têm-se as seguintes desvantagens:

- Construção de modelos requer conhecimento: a técnica de simulação por computador não é realizada por qualquer um, é necessário que exista previamente

conhecimento das técnicas para construção, domínio do sistema real e conhecimento do software que é utilizado, tudo isto somente é alcançado com tempo e experiência.

- Análise errada dos resultados: os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar, pois geralmente as saídas da simulação são variáveis aleatórias.
- Alto custo: a ferramenta da simulação pode ser dispendiosa, devido ao tempo que leva em se obter resultados ou pelo custo de aquisição dos softwares.
- Uso inapropriado: há casos em que seu uso não seja a melhor solução, já que se pode chegar num resultado satisfatório, em menos tempo usando outras técnicas, como é o caso das soluções analíticas.
- A Implementação do resultado da simulação pode ser difícil: às vezes, depois de realizada a simulação e obtido o resultado, seja difícil ou impossível a sua implementação, devido a fatores financeiros ou físicos.
- Ferramentas apropriadas: a criação de um modelo de simulação pode tornar-se uma tarefa altamente dispendiosa e desgastante se os recursos usados não forem apropriados.

Por outro lado, dentro do ambiente industrial produtivo, a simulação computacional é utilizada para responder problemáticas como falta de capacidade, compra, mudança ou implementação de novas máquinas, linhas e fábricas, determinar a quantidade e disposição de máquinas e pessoas para atender a demanda, etc. Dentro do universo de softwares de simulação por computadores a pesquisa utilizará o software *PlantSimulation*, da *Tecnomatix*, por ser uma ferramenta de simulação de eventos discretos que permite criar modelos digitais de sistemas logísticos (por exemplo, produção), de forma a permitir explorar as características dos sistemas e otimizar seu desempenho.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Seguindo o objetivo geral desta pesquisa, que visa propor, mediante a utilização de software de simulação computacional, melhorias em uma linha de solda de escapamento para motocicletas que permitam a redução de custo de processos.

Atualmente o departamento dispõe de quatro linhas de solda para a fabricação de todos os modelos. Duas são automatizadas e duas são manuais. Entre as de produção manuais, uma com seis pessoas e a outra com vinte e oito pessoas.

Nos últimos anos, com a queda da demanda, as linhas, que foram estruturadas para atender uma demanda de dois milhões de motocicletas ao ano, hoje há dificuldades para definir uma estrutura enxuta, capaz de atender à nova demanda de oitocentas unidades. Com isso, os produtos são fabricados a um custo elevado.

Durante a realização de *genbas*, que dentro da metodologia dos 3^o Gen, significa “realizar visitas no local que acontece o fato”, foi possível identificar grandes estoques de produtos em processamento, assim como estoques de materiais, entre outros problemas, que incentivaram a realização do estudo de caso.

Sob um prisma epistemológico, foi assumida nesta pesquisa uma posição de complementaridade entre as perspectivas quantitativa e qualitativa de pesquisa.

Segundo Prodanov *et. al.* (2013), a pesquisa de natureza quantitativa considera que tudo pode ser descrito em números, ou seja, é quantificável, inclusive, opiniões e informações para depois classificá-las e analisá-las. No seu desenvolvimento, é indispensável o uso de recursos e técnicas estatísticas para analisar o problema ou fenômeno.

Já para Gabriel (2014), a modalidade de pesquisa quantitativa, que adotava uma filosofia positivista do conhecimento, destaca a objetividade e a quantificação dos fenômenos, resultando no delineamento da pesquisa com o emprego de números, estatística, estrutura e controle experimental. Desta forma tende a ser dedutiva e procura testar teorias (MARUJO, 2013).

Já enquanto a pesquisa quantitativa considera que é possível representar em números qualquer fenômeno, a pesquisa qualitativa, segundo Prodanov (2013), considera que existe uma subjetividade do sujeito a qual não pode ser representada com números. É uma relação dinâmica entre mundo real e o sujeito. E por sua análise ser realizada basicamente mediante a atribuição de significados aos fenômenos faz com se tenha e imaginem que se trata “de uma pesquisa aleatória, sem rigor e tendenciosa” ou a acharem “que fazer pesquisa qualitativa seria mais fácil do que fazer pesquisa quantitativa” (LEE, 2008 *et al.* OLLAIK, 2012).

Assim, entendeu-se que ambos os métodos se complementam, e nesse viés metodológico, a utilização de ambas as abordagens possibilitou uma melhor compreensão do fenômeno estudado, bem como permitirá a utilização de métodos mistos na realização da pesquisa.

3.1 APRESENTAÇÃO DO LOCUS DA PESQUISA

A empresa escolhida para a realização do estudo atualmente produz 44 produtos diferentes, totalizando em 2015 na fabricação de 1.041.492 motocicletas (Tabela 1), uma média de 86.791 motos por mês (ABRACICLO, 2016). Seus produtos podem ser classificados segundo a cilindrada do seu motor, totalizando 13 famílias:

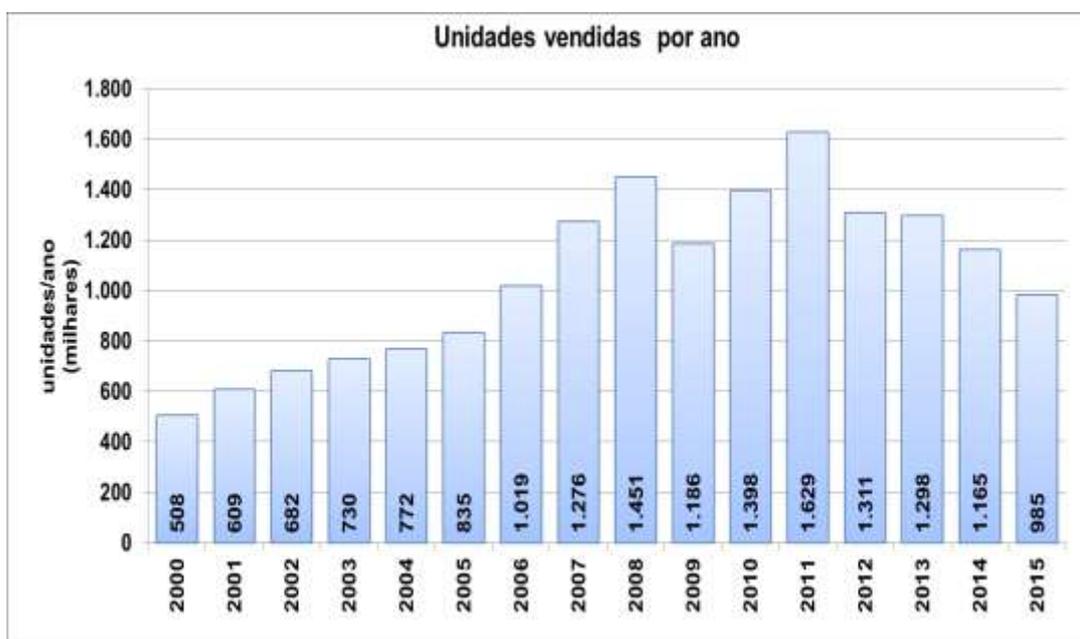
Tabela 1 – Unidades produzidas em 2015 por família de produtos.

FAMILIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
150cc	54.047	51.845	51.270	41.703	51.810	51.322	47.855	52.627	58.274	49.531	33.239	28.658	572.181
125cc	21.955	19.200	20.616	18.876	20.764	20.600	16.003	19.369	17.372	13.991	12.734	7.276	208.756
100cc	15.500	11.873	16.400	13.624	13.364	11.161	1.990	2.200	3.200	1.000	700	-	91.012
110cc	700	1.100	700	500	423	692	8.268	12.233	12.904	10.290	7.728	7.253	62.791
300cc	5.490	5.500	7.344	5.824	6.425	6.170	4.323	3.273	3.648	2.623	1.078	102	51.800
250cc	220	277	250	502	514	1.101	2.116	1.816	1.532	6.861	5.692	1.359	22.240
230cc	950	825	1.900	1.189	1.200	1.600	2.475	1.350	1.194	1.158	880	758	15.479
500cc	240	520	770	359	660	240	600	660	807	394	354	60	5.664
650cc	480	209	329	300	479	421	240	540	406	476	120	180	4.180
200cc	200	350	269	151	300	200	175	250	350	200	500	293	3.238
1000cc	240	180	180	180	201	270	120	120	60	335	265	-	2.151
700cc	60	359	239	240	180	120	151	149	178	180	1	43	1.900
400cc	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Total	100.182	92.238	100.267	83.448	96.320	93.897	84.316	94.587	99.925	87.039	63.291	45.982	1.041.492

Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2016.

No entanto, em 2015, a empresa somente conseguiu vender 985 mil motos (Gráfico 1). A partir da análise da curva de vendas da empresa no Gráfico 1, observou-se que desde o ano 2000, o número de unidades teve um crescimento com auge em 2011, a partir do qual, iniciou uma curva de declínio, prevendo um total de vendas para 2016 equivalente a 2004. No entanto, a empresa tem mantido uma estrutura produtiva capaz de produzir 2 milhões de motos, propiciando uma ineficiência do processo e acarretando custo de fabricação elevados.

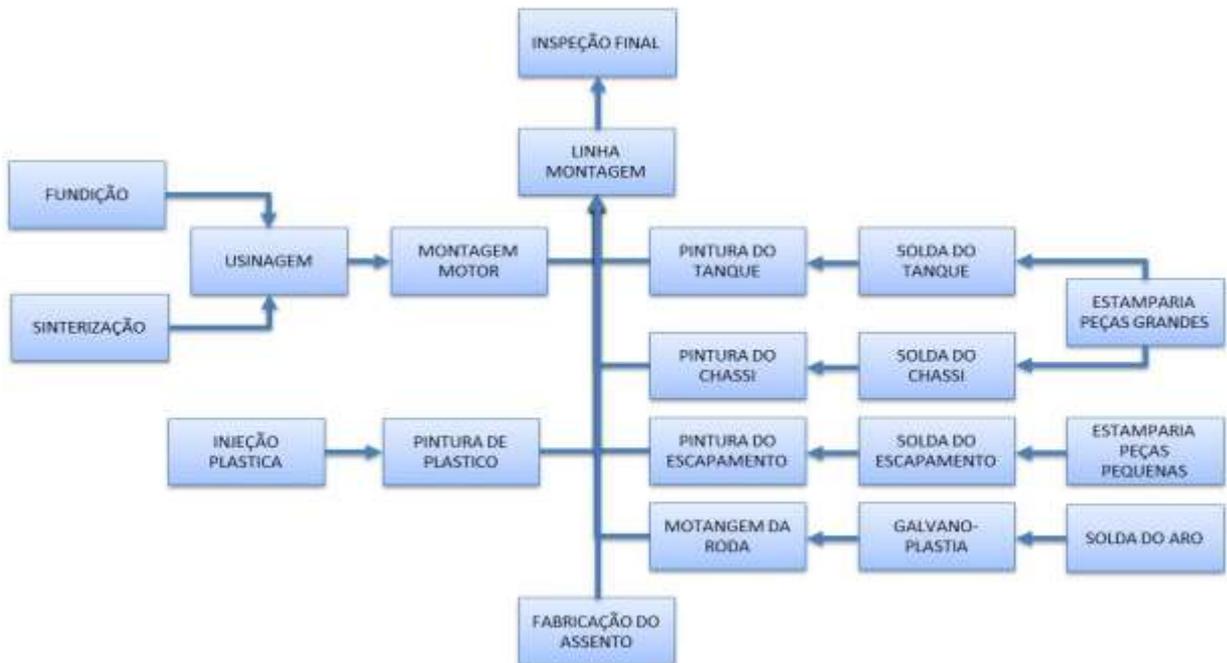
Gráfico 1 – Distribuição anual de motocicletas vendidas.



Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2016.

Analisando o processo de fabricação da motocicleta, observou-se que são necessários mais de 3.000 componentes, os quais na sua ampla maioria são produzidos pela empresa em suas mais de 200 linhas de produção distribuídas ao todo por 3 fábricas. Entre os processos produtivos, podem-se destacar os setores produtivos apresentados no fluxo da Figura 4:

Figura 4 – Fluxo de processos da fabrica.



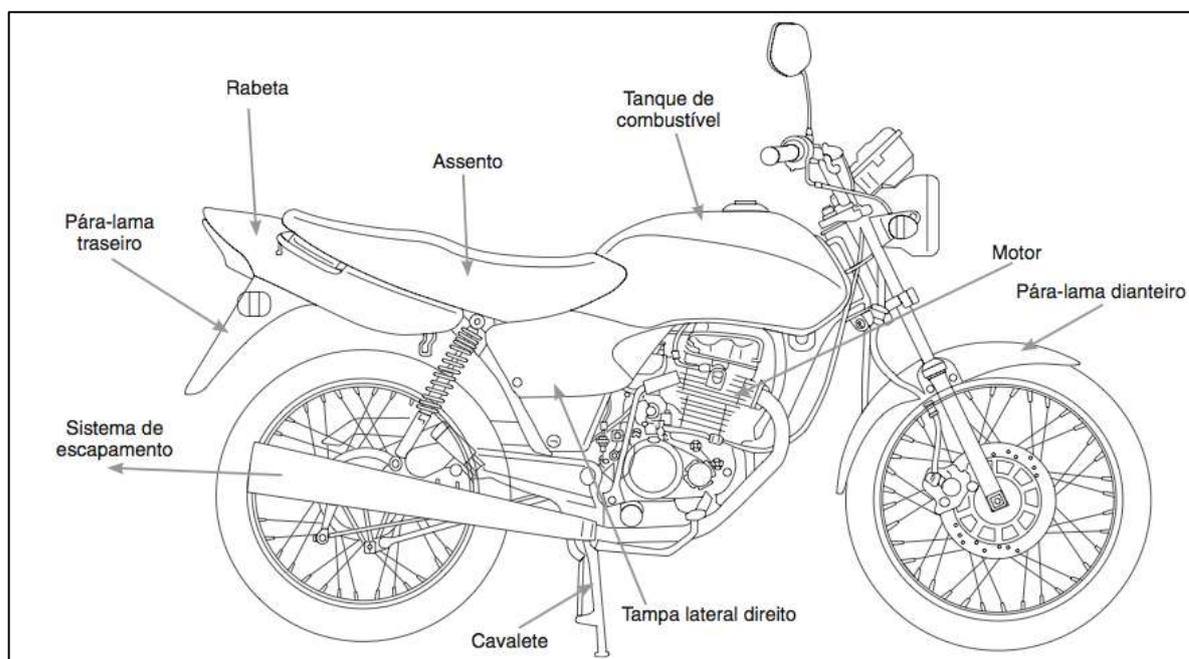
Fonte: Dados da pesquisa

- Estamparia: neste processo são modeladas as peças de aço e que requerem maior precisão, como os chassis, escapamento e os tanques de combustível das motocicletas.
- Sinterização: Este processo é utilizado para fabricar componentes internos do motor mediante o uso do aço em pó, que é compactado e tratado no processo de sinterização.
- Solda: Este processo envolve em suma todas as peças estruturais da moto, o qual é feito manualmente, assim como por robôs. É o processo seguinte à estamparia.
- Fabricação do Assento: neste processo é realizada a confecção da espuma através de moldes, montados e costurados juntamente com o revestimento da capa.
- Usinagem: Este é o setor responsável pela fabricação de componentes em alumínio do motor das motocicletas, como o cabeçote, as carcaças, etc. Por serem peças do coração da motocicleta, o motor, exige uma lata precisão, sendo fundamental para garantir a durabilidade dos motores.
- Injeção de plásticos: Neste setor são produzidas as partes plásticas da motocicleta, como paralamas, carenagens, por exemplo.
- Pintura: Neste departamento é realizado o processo de pintura que confere a cor e grafismo final da motocicleta.

- Linha de Montagem: é neste departamento onde é juntado todos os processos da fábrica e o produto toma forma. Os chassis recebem peças e componentes, como motor e transmissão, suspensão, rodas e pneus, guidão, painel, tanque e assentos, entre outros.
- Inspeção final: Após montadas, cada moto é encaminhada ao setor de inspeção, onde é por uma inspeção, incluindo análise visual e teste funcional.

Entre os 3.000 componentes que formam a motocicleta, podem-se destacar os principais componentes conforme mostra a Figura 5.

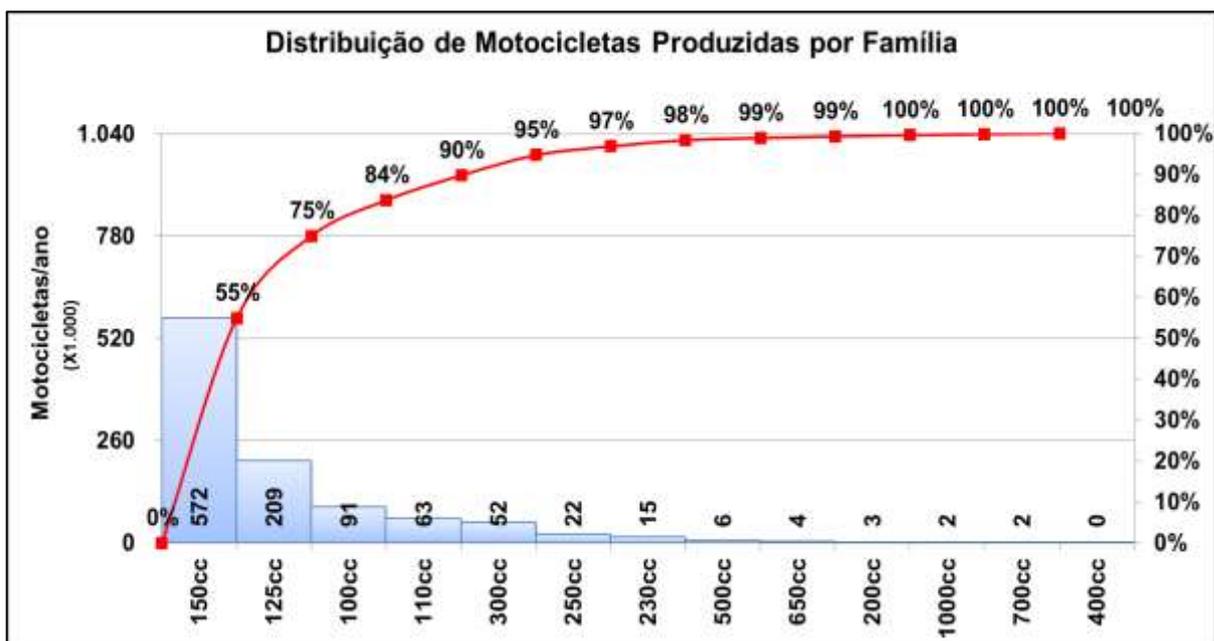
Figura 5 – Localização de alguns componentes de uma motocicleta.



Fonte: http://fdr.com.br/formacao/2013/wp-content/uploads/2012/12/modelo_moto.png

Para fins da pesquisa, foi escolhida a família de produtos da 150cc, que tem uma representatividade de 55% da sua produção total em 2015, conforme apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Distribuição de motocicletas produzidas por família de produtos.



Fonte: Elaborado a partir de ABRACICLO, 2016.

Neste estudo o *locus* da pesquisa foi desenvolvido no departamento da solda do escapamento, responsável pela fabricação do sistema de escapamento das motocicletas.

A escolha de departamento se deu devido ao visível acúmulo de estoques de produtos em processo e matéria prima, dificuldade de identificar fluxos de processo e materiais e, principalmente devido ao elevado custo de fabricação, como consequência da enorme estrutura produtiva adquirida em 2008 para atender uma produção de 2,5 milhões de motocicletas/ano, como consequência da visão futura da demanda, prevista com base na curva de crescimento positivo observada no período de 2000 até 2008 (Gráfico 2), entretanto, com a crise, a curva tem se tornado negativa, tornando a nova demanda prevista inferior a 800 mil motocicletas.

3.2 MÉTODO DA PESQUISA

Com o objetivo de identificar as causas e problemas que oneram o custo de fabricação dos produtos em uma linha de solda de escapamento de motocicletas e, apresentar uma proposta de otimização do processo, foi realizado um estudo de caso de natureza exploratória.

Para Yin (2001) *apud* Prodanov (2013), o estudo de caso corresponde ao estudo arraigado e exaustivo de um ou poucos objetos a fim de permitir o seu vasto e minucioso entendimento. Adicionalmente, para Fidel (1992) *apud* Moresi (2003) um estudo de caso é um método específico de pesquisa de campo, isto é, o estudo de fenômenos à medida que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do pesquisador possibilitando a compreensão e elaboração de teorias a respeito dos aspectos característicos do fenômeno observado.

Já a pesquisa exploratória, busca prover dados sobre o tema em estudo, a fim de permitir a delimitação da pesquisa, e orientar a definição dos objetivos que delimitam o assunto, propiciando a formulação de hipóteses que geram o fenômeno em estudo (KAUARK, 2010; PRODANOV, 2013). Moresi (2003), por sua vez, acrescenta que a pesquisa exploratória é realizada como primeiro passo para aqueles que não dominam o campo que pretende abordar, numa área do conhecimento em que há pouco conhecimento acumulado e sistematizado.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Segundo Lakatos (2010), na obtenção de dados podem ser usados três tipos de métodos: pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e contatos diretos. Inicialmente, os dados referentes à disposição da linha de produção, tais como layout, postos de trabalho, indicadores de desempenho, dentre outros, serão levantados através da pesquisa documental.

Para Gil (2010) a pesquisa documental se destaca por utilizar material de toda sorte de documentos, que possuem diversas finalidades, e em geral são materiais de uso interno à organização. Estes materiais podem ser estruturados a fim de permitir entender a condição atual do problema. Lakatos (2010) reforça que a pesquisa documental está restrita a documentos e acrescenta o fato dela constituir a fonte primária de informação e pode ser feita durante ou após a ocorrência do fato.

A partir das informações coletadas, foi realizada a modelagem do mapa da cadeia de valor inicial. Nesta etapa foi empregado um software que permitiu facilmente a criação do VSM, colaborando para facilmente identificar os desperdícios.

Com o VSM inicial, usando o software *PlantSimulation* v9.0 da SIEMENS, foi possível modelar a linha de produção, trazendo para o computador um reflexo do que acontece na prática no chão de fábrica.

Com a situação atual modelada, foi criado um cenário dinâmico das condições propostas e analisou o seu comportamento sem necessidade de realizar as alterações na prática, permitindo obter o VSM futuro.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise foi realizada através de sete etapas:

- Levantamento dos dados da Situação Inicial:

Primeiramente, foi realizado um levantamento documental do *Layout*. No qual se conseguiu identificar o dimensionamento e disposição dos equipamentos, bancadas, ferramentas e pessoas. Depois prosseguiu na análise da ficha de tempo de processo dos itens produzidos na linha em estudo, para identificar as etapas a duração e o fluxo que é realizado para a produção do produto.

- Mapeamento da cadeia de valor atual:

Com as informações coletadas na etapa anterior, foi realizado o *Genba*, que propiciou na elaboração do Mapa da Cadeia de Valor atual, permitindo identificar, de forma gráfica, o fluxo de materiais e informações que envolvem a fabricação do produto.

- Identificação das atividades que geram desperdícios e não agregam valor:

Com o Mapa da Cadeia de Valor, foi analisada cada etapa que envolve a fabricação do produto a fim de identificar os desperdícios dentro do processo, mediante a definição de Ohno (1988).

- Elaborar o Mapa da Cadeia de Valor futura:

Identificados os desperdícios, conseguiu-se elaborar um novo Mapa da Cadeia de Valor futura, que propôs a redução dos desperdícios do processo atual, com o objetivo de aumentar a produtividade da linha.

- Análise da modelagem

Nesta esta etapa, foi comparada a situação proposta com a atual, com o intuito de identificar, primeiro, se a ferramenta que foi utilizada na pesquisa permite enxergar os desperdícios, e em finalmente, as ações que a empresa poderia realizar para reduzir seu custo de produção.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo foi abordado uma análise mais profunda dos indicadores da empresa, evidenciando a dificuldade de vendas que está passando. Neste ponto, aborda-se um pouco do cenário econômico que a empresa atravessa, evidenciando a importância de alcançar o objetivo da pesquisa.

Seguindo a diante, foi realizado o estudo da situação atual, que favoreceu a construção do Mapa de Valor Atual, e a análise por meio do modelo computacional. Com estes dados, juntamente com as visitas constantes no local, foi possível identificar alguns problemas que poderiam gerar redução de custos caso sejam sanados.

Na fase final, foram analisados os resultados que poderiam ser alcançados pela empresa caso esta decida futuramente implantar a proposta, que foram obtidos mediante análise do Mapa de Valor futuro, validados pelo modelo computacional.

É importante destacar que a empresa é de grande porte, e os resultados obtidos neste estudo referem-se unicamente a uma linha de produção, e tendo mais de 200 linhas, significa dizer que a aplicação do mesmo estudo em todas as demais linhas de produção certamente irá multiplicar os resultados alcançados com a pesquisa, permitindo ao fabricante de motos obter uma boa redução em sua planta, garantindo um fôlego durante a crise que enfrenta o polo de duas rodas.

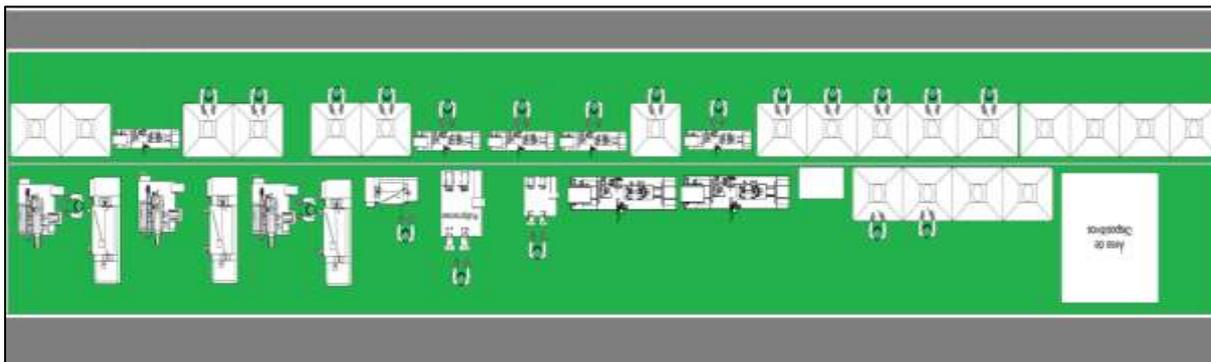
4.1 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM

A modelagem foi realizada utilizando um software de simulação dinâmica que permitiu estudar o cenário atual da produção e verificar se as alternativas propostas teriam um resultado satisfatório antes de sua implementação, facilitando o planejamento estratégico da implantação das alterações.

4.1.1 Levantamento dos dados da Situação Inicial

A linha de produção responsável por produzir o escapamento da motocicleta de um dos modelos da família 150cc (onde pertence o modelo estudado na pesquisa) foi mapeada e está representada na Figura 6.

Figura 6 – Layout da linha de solda do escapamento.



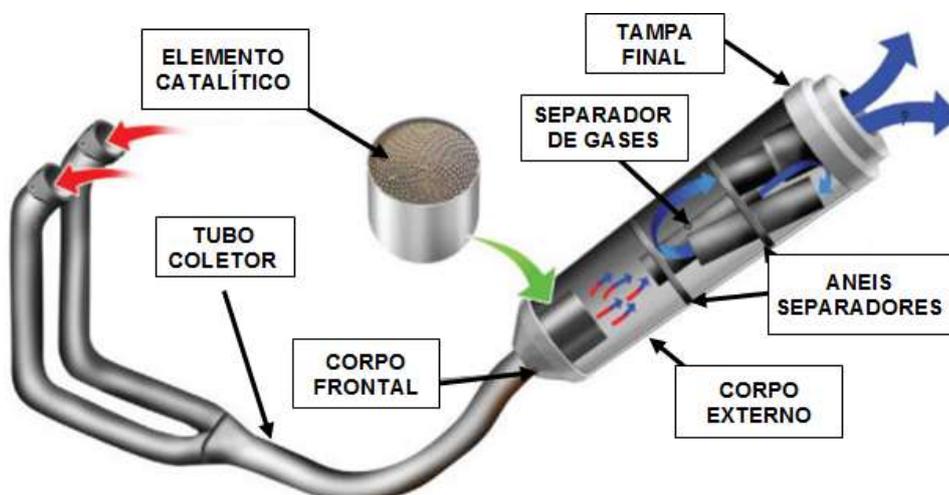
Fonte: Dados da pesquisa

A linha de produção possui 6 metros de largura por 65 metros de comprimento e é responsável em produzir de forma exclusiva o escapamento de um modelo da família 150cc.

A demanda total da linha de produção do escapamento é de 800 escapamentos/dia a qual é definida pelo planejamento de produção do PCP para atender a demanda da linha de montagem final e a demanda solicitada pelo departamento da divisão de peças, que é responsável por suprir o mercado de peças de reposição (assistência técnica). Esta demanda de 800 unidades/dia deve ser produzida em 1 turno de produção de regime comercial (de 7h às 16:45).

A Figura 7 apresenta uma visão simplificada dos componentes que formam um escapamento de uma motocicleta.

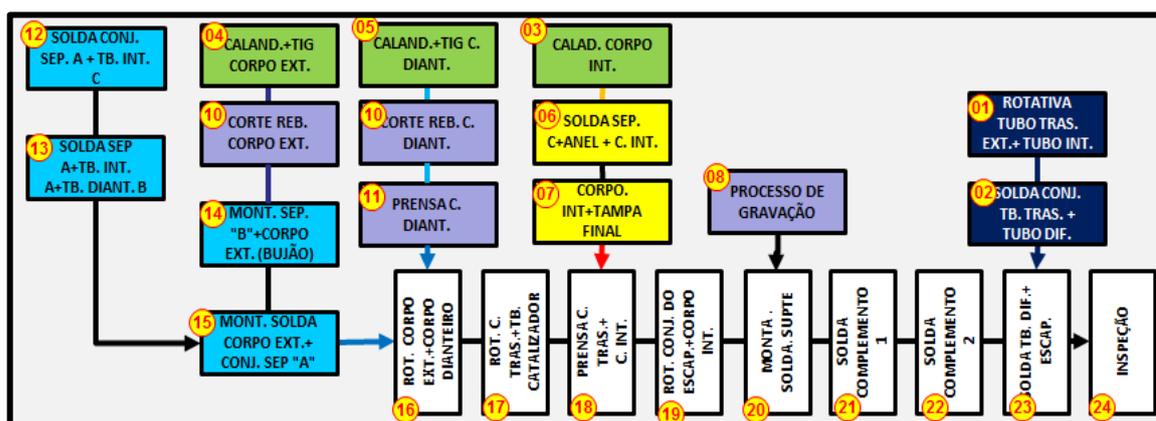
Figura 7 – Visão Geral dos componentes de um escapamento de motocicleta.



Fonte: <http://quatorrodas.abril.com.br/materia/catalisadores-escape-7298500000>

Já na Figura 8 podem ser visualizadas as etapas para realizar a fabricação do escapamento da motocicleta em estudo, o qual requer atravessar 22 postos de trabalhos, entre processos de solda, lixamento e inspeção, utilizando 1 operador para cada posto.

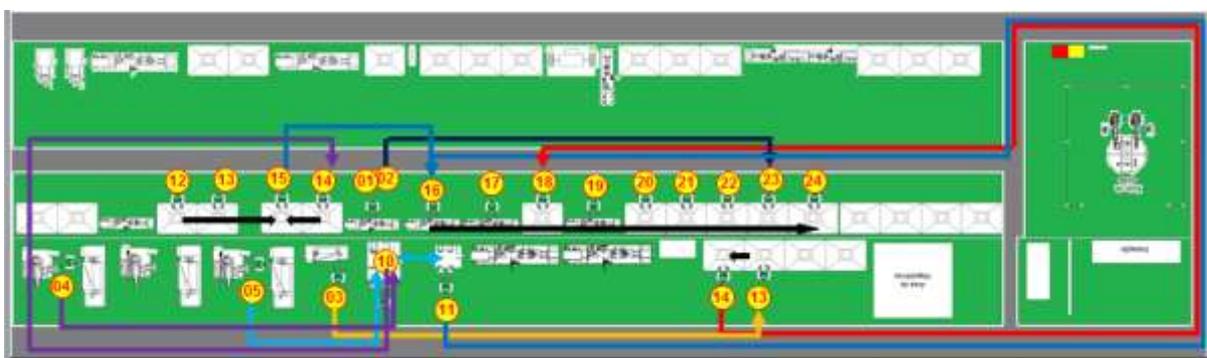
Figura 8– Etapas para a fabricação do escapamento da motocicleta do modelo em estudo.



Fonte: Dados da pesquisa

Também foi identificado o trajeto dos componentes dentro do *Layout*, onde as linhas presentes na Figura 9 indicam o trajeto que os componentes percorrem dentro da linha. Nela, já é possível observar a grande movimentação que é realizada na linha, como mostra no caminho percorrido pela linha vermelha, que possui origem no posto 14, contorna metade da linha e se termina no posto 18 do outro lado da linha similar, o fluxo da linha azul sai do processo 11 e se dirige ao processo 16. Esta informação foi útil para comparar com a movimentação do *Layout* proposto.

Figura 9 – Etapas para a fabricação do escapamento da motocicleta do modelo em estudo.

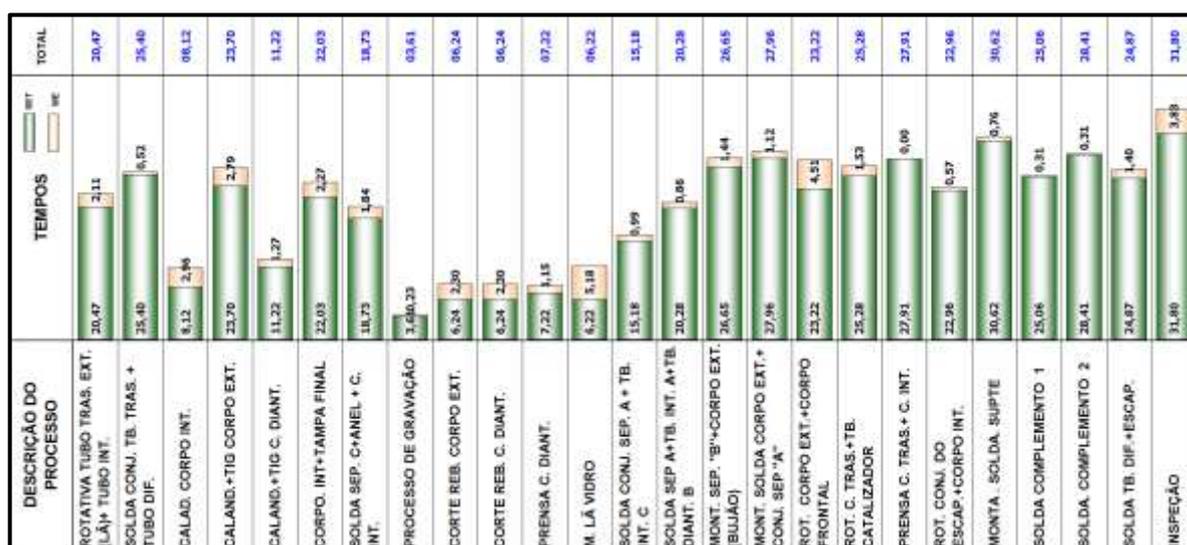


Fonte: Dados da pesquisa

Em seguida foram avaliados os tempos de processos e os fluxos de cada um (Figura 10). Tendo em vista que o trabalho não tem por objetivo o de realizar o

estudo de tempo e métodos e a empresa em análise já dispõe de um departamento responsável pela aferição e estudo do tempo de processo em todas as linhas, para andamento do trabalho foi simplesmente verificado os tempos mediante a média de 5 tempos para cada processo e comparados com o relatório oficial da empresa onde é descrito cada atividade com seu tempo de realização, incluídos o tempo de setup.

Figura 10 – Tempo por processo para a fabricação do escapamento da motocicleta do modelo em estudo.



Fonte: Dados da pesquisa

Concluída a identificação do fluxo de processo e do *layout*, prosseguiu-se em identificar o tempo efetivo da jornada de trabalho que representa efetivamente a capacidade em tempo de trabalho que a linha de solda do escapamento possui.

O turno de trabalho em que trabalha a linha é denominado internamente como “administrativo” e inicia a jornada diária às 07h00 terminando às 16h45, isto representa um tempo total disponível de 585 minutos por turno. Outro fator importante é que a linha inicia a semana vazia, ou seja, a primeira peça demora mais para sair em relação a última.

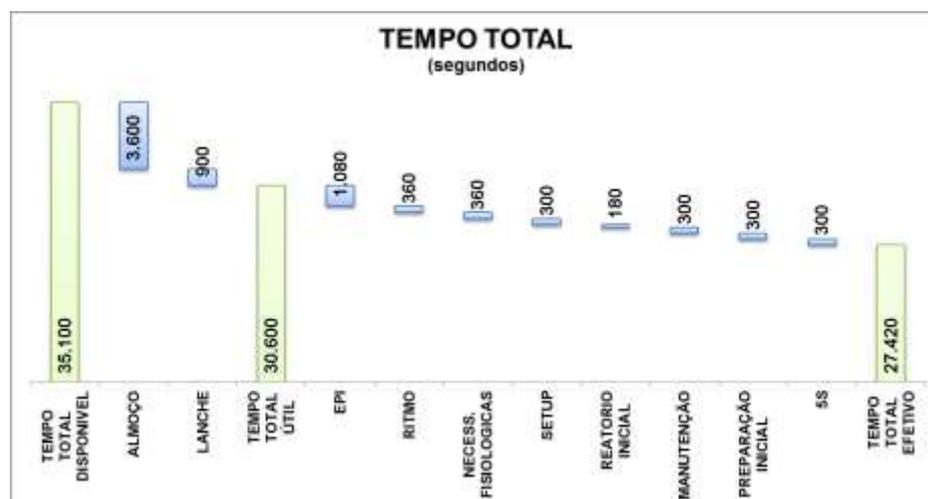
Em cada jornada é realizada uma pausa de 1h15m estabelecida na CLT no Art. 71 que prevê um intervalo mínimo de uma hora para jornadas acima de 6 horas e 15 minutos quando não exceder 6 horas, mas, no entanto, seja superior a 4 horas. Com isto, resta um tempo total útil de 510 minutos.

Durante os 510 minutos restantes existem algumas paradas devido a ineficiências, outras para manter o controle da linha e outras são consequências do fator humano e ainda restam aquelas devido a problemas na produção. Estes fatores são:

- 5 minutos no início do turno para realizar uma reunião com todos os funcionários para repassar as ocorrências do turno anterior e informações gerais;
- 3 minutos antes do início da produção para o preenchimento dos relatórios de qualidade das máquinas, onde é verificado se existe alguma anomalia com os equipamentos;
- 5 minutos após preenchimento dos relatórios de qualidade para realizar a preparação inicial para produção, onde é pego os materiais, componentes e consumíveis que serão usados na produção e também é realizado o ajuste dos parâmetros de soldagem conforme o padrão de serviço;
- 5 minutos no final do turno, onde é realizado o 5S da linha;
- 3 minutos a cada parada para o almoço e o lanche é gasto para colocar ou retirar os equipamentos de proteção individual (EPI), totalizando 6 paradas de 3 minutos;
- 6 minutos por perda de ritmo ao longo do turno devido às eventuais paradas por consequência da saída do operador do processo, devido a alguém parar a atividade para tirar dúvidas com os colaboradores, etc;
- 6 minutos de perda de ritmo por paradas para ir ao banheiro e/ou beber água.
- Durante a semana, podem acontecer paradas de linha devido a manutenções corretivas que levam em média 25 minutos, os quais são rateados ao longo da semana, totalizando 5 minutos.

No final, obtém-se o tempo total efetivo para produção, que transformando em segundos equivalem a 27.420 segundos que efetivamente é utilizado para produzir os 800 escapamentos por/dia. Estes valores podem ser visualizados no Gráfico 3.

Gráfico 3– Tempo total efetivo para produção dos escapamentos da motocicleta do modelo em estudo.

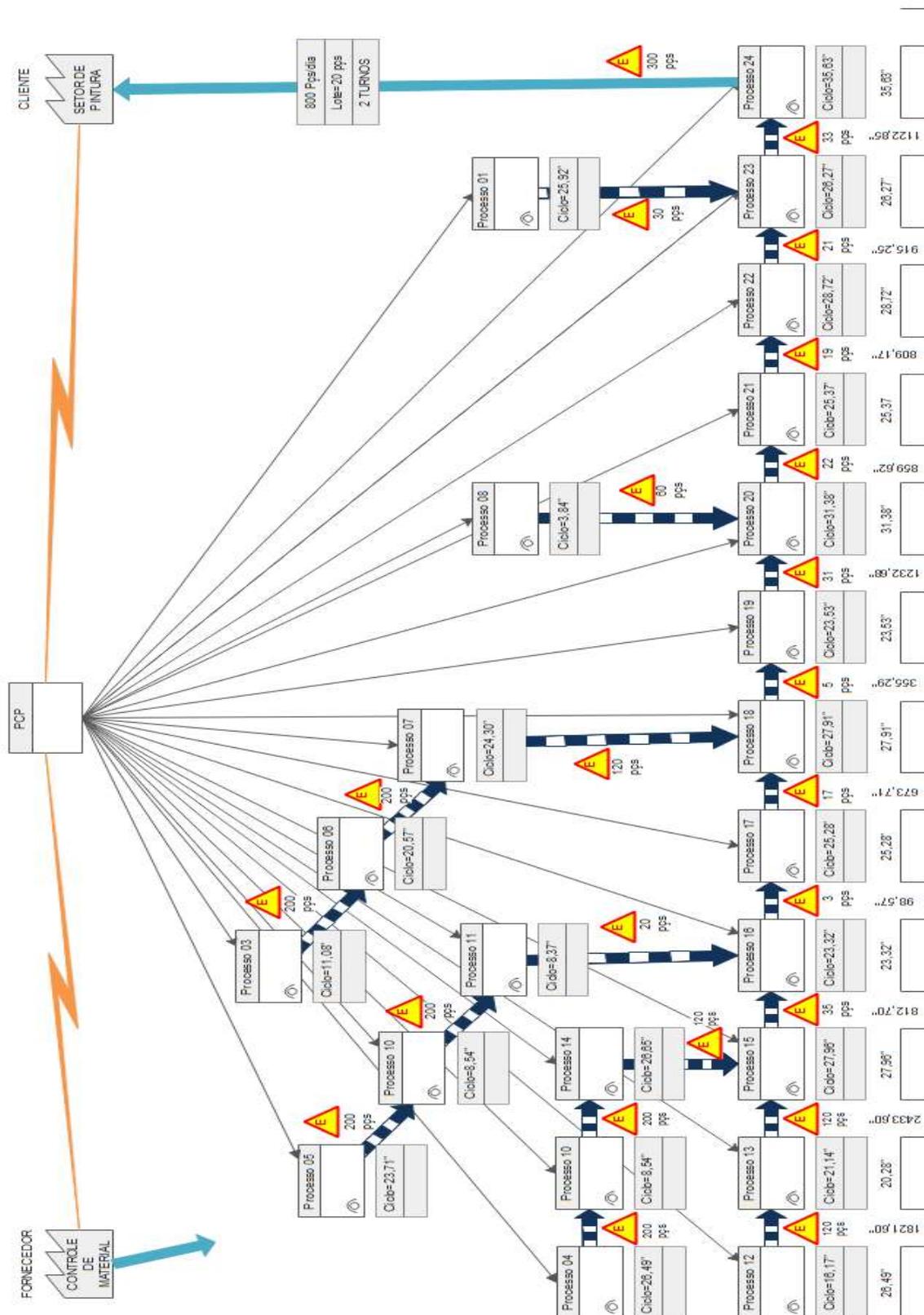


Fonte: Dados da pesquisa

4.1.2 Mapeamento da cadeia de valor atual

Com as informações coletadas na etapa anterior, foi realizado o *Genba*, que é a visita na local para conferir o fato e isto propiciou a elaboração do Mapa da Cadeia de Valor atual, permitindo identificar, de forma gráfica, o fluxo de materiais e informações que envolvem a fabricação do produto. Este mapa está representado na Figura 11.

Figura 11 – Mapa de Valor Atual

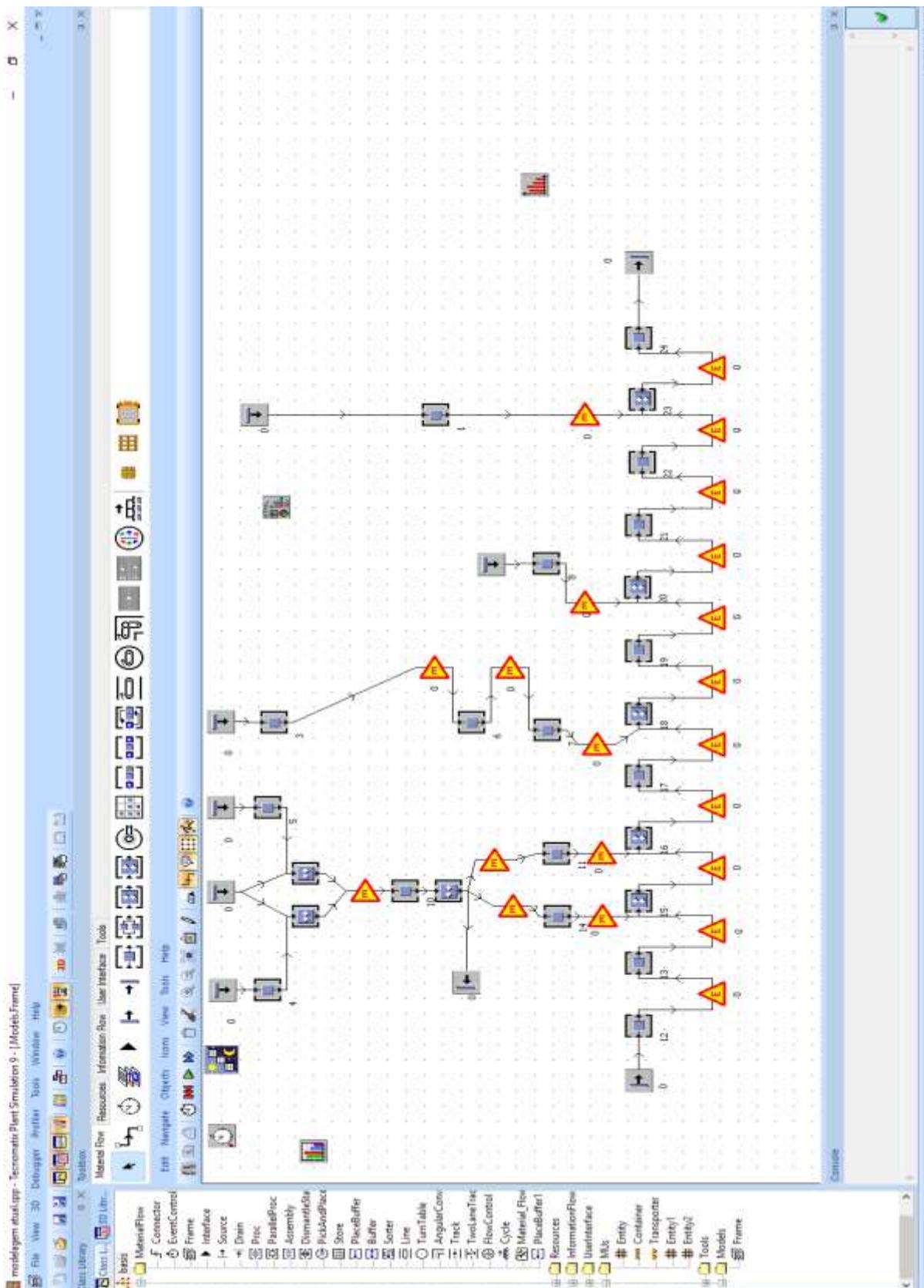


Fonte: Dados da pesquisa

A seguinte etapa foi a elaboração de um modelo computacional que permitiu avaliar a condição atual da linha de produção, permitindo avaliar os problemas e posteriormente modelar as soluções sem necessidade de realizar alterações físicas na linha de produção. A modelagem teve como base o Mapa de Valor Atual, com o qual foi possível a construção do modelo computacional (Figura 12) que permitiu avaliar informações, tais como capacidade, tempo de ciclo, estoque intermediário.

A modelagem computacional foi realizada com auxílio do *software Plant Simulation* da *Simiens*, por possuir uma usabilidade bem intuitiva e recursos que permitem aproximar o modelo da realidade. O modelo da situação atual possui o seguinte layout principal após sua conclusão conforme mostra a figura 12.

Figura 12 – Visão geral do modelo computacional

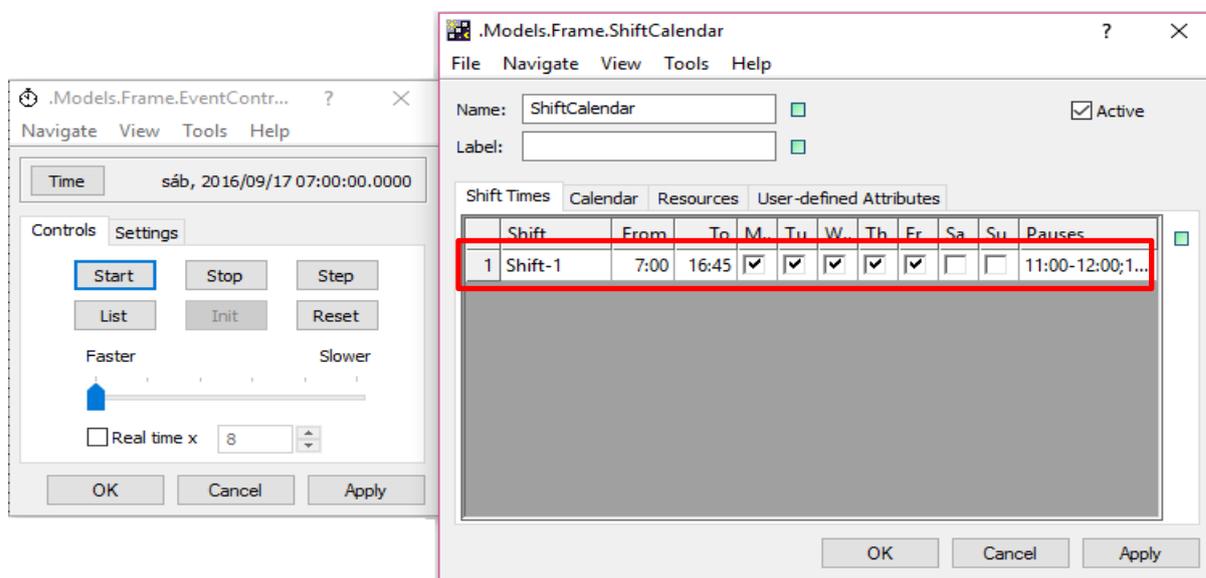


Fonte: Dados da pesquisa

O primeiro parâmetro a ser ajustado no modelo foi o tempo de simulação, que representa a duração dos eventos dentro da modelagem. Para o estudo de caso, a simulação foi configurada para ser executada durante o período de 7h00 às 16h45 cada dia, durante uma semana, que tem início na segunda-feira e término na sexta-feira, e durante este período foram definidas as pausas de 1 hora para o almoço que acontece de 11h00 e termina às 12h00, assim como também a pausa para o lanche, de 15 minutos que tem início às 15h00 e término às 15h15.

A seguinte etapa foi avaliar a necessidade de um tempo de *warm up*, que seria o tempo de aquecimento da simulação para esta sair do regime transitório para o regime permanente. Porém, como a linha tem o início de produção na segunda-feira sem nenhuma peça ao longo de cada processo da linha e na sexta-feira é desta forma, por possuir um tempo certo de iniciar e terminar, somado ao fato da linha ser esvaziada toda sexta-feira e iniciar na segunda-feira vazia, não foi configurado um período de *warmup*. Também foi definido o horário do almoço e do lanche (Figura 13).

Figura 13 – Configuração do tempo da simulação



Fonte: Dados da pesquisa

O fluxo foi construído respeitando o Mapa de Valor Atual utilizando os objetos disponíveis pelo *software* para representar cada componente da modelagem.

O primeiro objeto a ser configurado foi o objeto que representará o produto *Escapamento* (foco do estudo) para o qual foi utilizado o objeto *Entidade* (Figura 14). No *software*, este objeto é aquele que se movimenta por todo o fluxo de processo. Para a modelagem, foram criados três objetos *Entity* diferentes: o primeiro que representa o corpo principal do produto, a ele serão anexados todos os componentes à medida que este se movimenta por cada posto de trabalho. O segundo e terceiro surgem devido a existir um equipamento em comum para duas ramificações do fluxo de processos: a ramificação dos processos 5-10-11 e a dos processos 4-10-14 (Figura 11), desta forma é possível configurar a modelagem para segregar cada peça no seu respectivo fluxo, já que cada ramificação corresponde ao processo de um componente distinto.

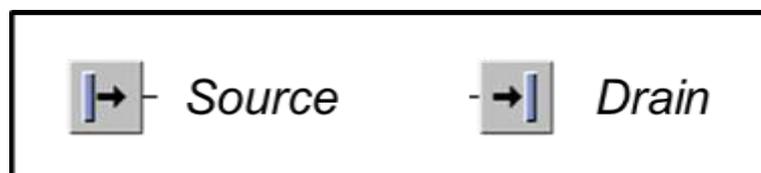
Figura 14 – Objetos *Entity*



Fonte: Dados da pesquisa

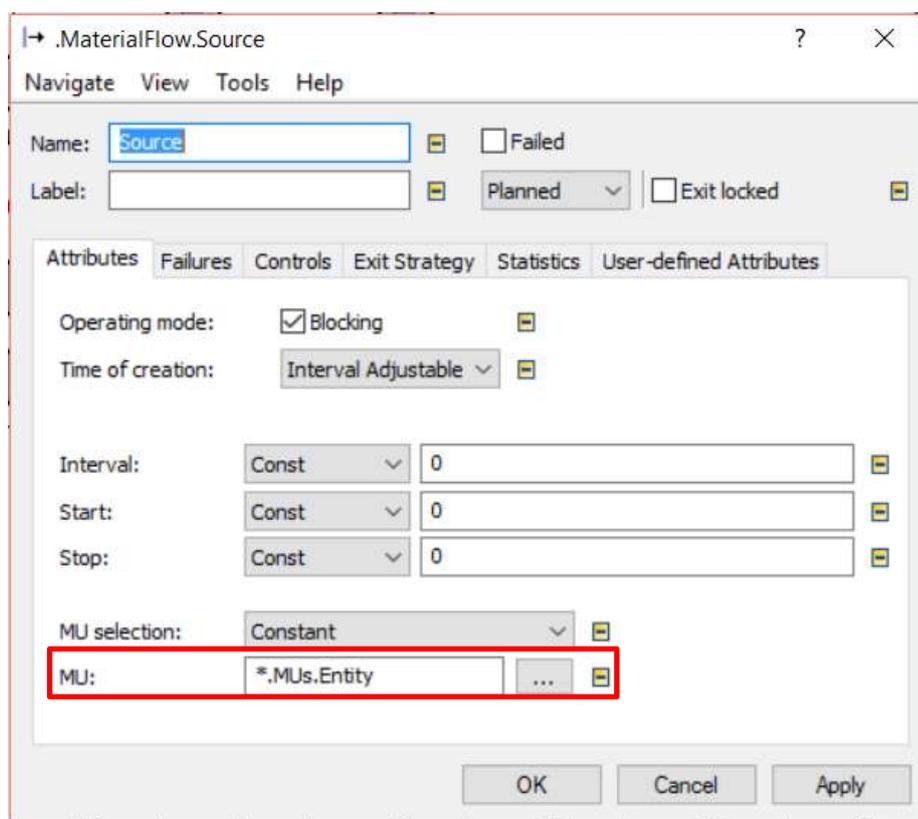
Dentro da modelagem é necessária a criação de duas classes de objetos que irão gerenciar os objetos *Entity*: os objetos *Source* e *Drain* (Figura 15). O primeiro objeto é responsável pela criação em tempo de execução dos objetos *Entity*, já o segundo, tem a função de removê-los do modelo, desta forma é criada a vazão de objetos *Entity*.

Figura 15 – Objetos *Source* e *Drain*



Fonte: Dados da pesquisa

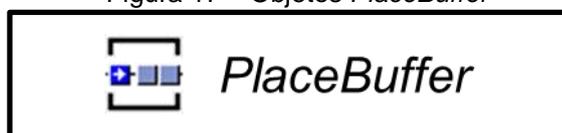
A única configuração para o objeto *Source* utilizada na modelagem foi a definição de qual objeto irá criar durante a modelagem (Figura 16) e cada ramificação do fluxo de processo irá possuir um objeto *Source*.

Figura 16 – Configuração do objeto *Source*

Fonte: Dados da pesquisa

Para a modelagem da linha de solda do escapamento, somente existe um objeto *Drain* o qual não requer nenhuma configuração, no entanto será ele que nos dará a informação de quantas unidades a linha de produção conseguiu produzir efetivamente.

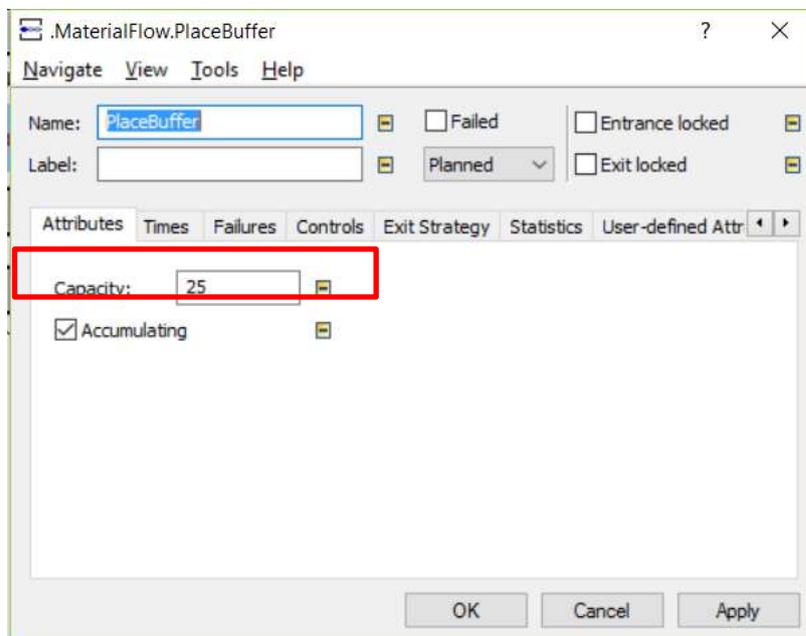
Em seguida foram modelados os objetos que representam os estoques. Conforme apresentado no Mapa de Valor Atual (Figura 11), foi observado que existe um estoque entre cada posto de trabalho e cada um destes possui uma capacidade máxima de armazenamento limitada pelo tipo de estoque (carros, cestos, bancadas, etc) e o tamanho da peça que se armazena, de modo geral, a capacidade de estoque foi de 25 peças. Para a modelagem foi inserido entre cada posto um objeto *PlaceBuffer*, que é utilizado para modelar estoques (Figura 17).

Figura 17 – Objetos *PlaceBuffer*

Fonte: Dados da pesquisa

Este objeto tem como principal parâmetro a ser definido a capacidade máxima de unidades *Entity* que ele consegue estocar. (Figura 18).

Figura 18 – Configuração do objeto estoque



Fonte: Dados da pesquisa

Os seguintes objetos a serem configurados foram os objetos utilizados para representar os processos. Para a modelagem foram empregados os objetos *Proc*, *ParallelProc*, *Assembly* e *DismantleStation* (Figura 19). Neles são informados vários parâmetros, entre os quais utilizamos a variável de tempo (*Process Time*), que corresponde ao instante de tempo que o objeto (*Entity*) permanece dentro do posto de trabalho, e a variável disponibilidade (*Availability*), que representa quanto do tempo total o objeto *Proc* realmente disponibiliza para executar uma atividade.

Figura 19 – Configuração do tempo da simulação



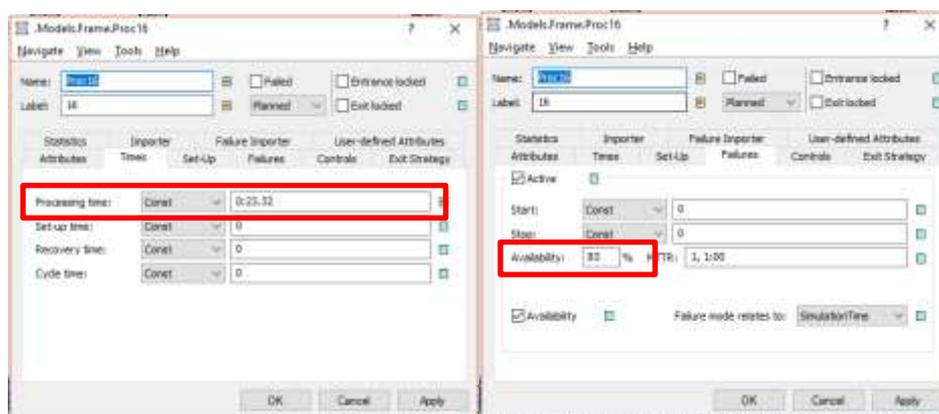
Fonte: Dados da pesquisa

Para a representação dos processos que tem somente um predecessor, ou seja, recebe *Entity* unicamente de um antecessor, foi utilizado o objeto *Proc* que é

utilizado para modelar um processo simples, já para os processos que recebem Entidades de dois ou mais antecessores,

Desta forma, cada posto de trabalho representado foi configurado com o tempo de ciclo do processo e um tempo de disponibilidade de 83% que representa de forma simples o quanto do tempo o posto está disponível durante a jornada de trabalho (Figura 20).

Figura 20 – Configuração do tempo de ciclo e disponibilidade



Fonte: Dados da pesquisa

A partir da simulação realizada do software pode se confirmar a existência de grandes quantidades de peças em estoque em processos como foi observado na linha de produção durante a elaboração do Mapa de Valor Atual (Figura 21). A capacidade observada na simulação foi de 3720 unidades para 5 dias de produção, o que equivale a 744 unidades por dia,

4.1.3 Identificação das atividades que não agregam valor

A partir da análise do Mapa de Valor Atual foi possível identificar vários pontos que deverão ser ajustados, começando pelo fato de que todos os postos de trabalhos recebem as ordens de produção do dia e desta forma, cada posto se preocupa em produzir a demanda sem se importar com o processo seguinte ou anterior, o que gera estoques em processo, problemas de qualidade e retrabalhos, onerando no custo de fabricação do escapamento.

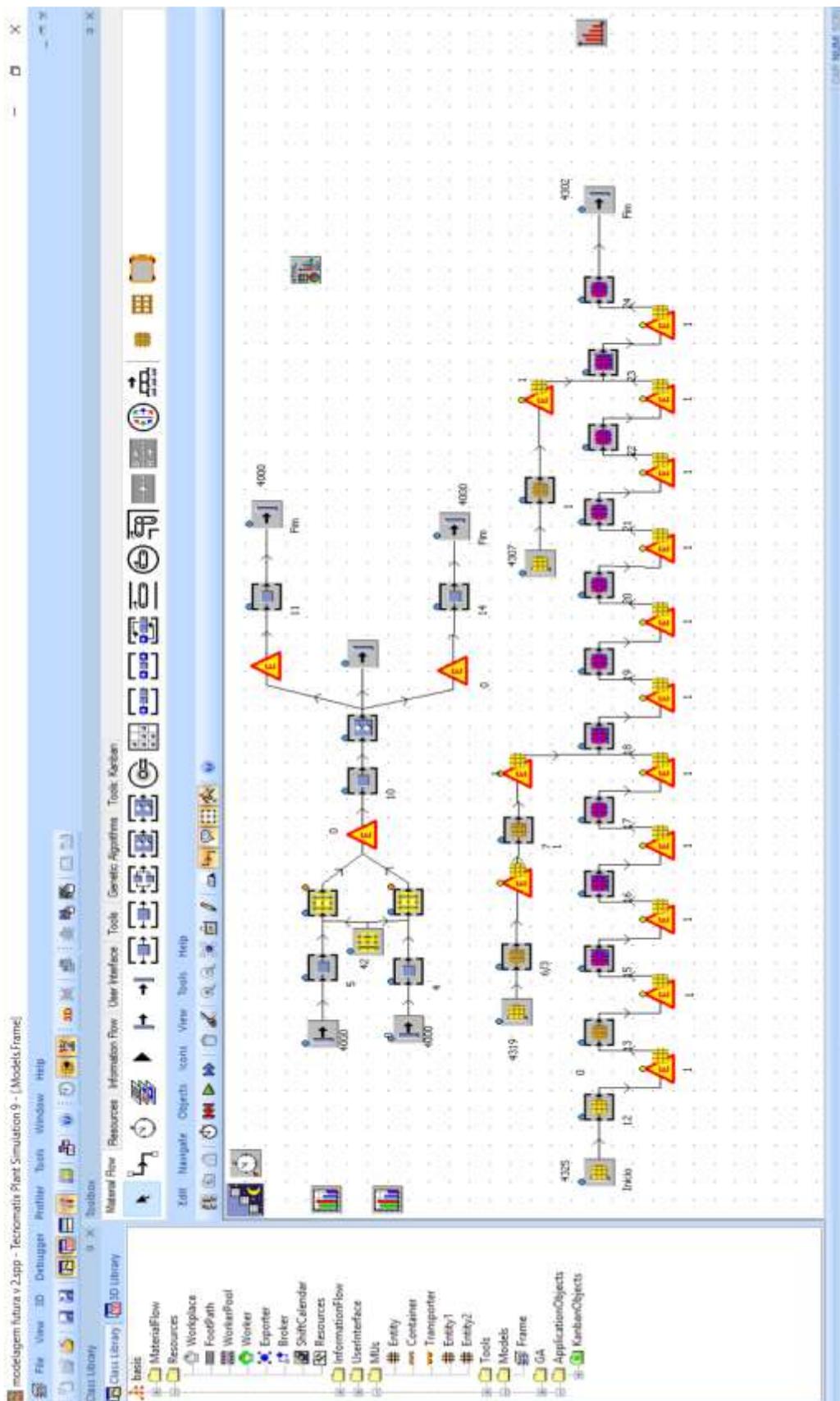
O fato seguinte é a disposição do *Layout* dos postos de trabalho, que não favorecem o fluxo de processo, desta forma existe uma grande perda de tempo em movimentação de carro com componentes entre processos, além de haver uma superprodução de componentes que possuem os menores tempos de ciclos.

Perante a situação atual, fica impossível de identificar a simples vista o processo gargalo, ao qual deve-se ter total atenção, já que é ele que dita o ritmo de processo e a capacidade máxima da linha.

4.1.4 Elaborar o Mapa da Cadeia de Valor futura

Identificados os desperdícios, foi realizado o processo inverso à análise inicial do Mapa da Cadeia de Valor atual, primeiramente foi elaborado o modelo computacional a partir das melhorias observadas (Figura 22), realizada a análise e finalmente elaborado o Mapa da Cadeia de Valor Futura (Figura 23), que irá proporcionar a redução dos desperdícios do processo atual, e aumentar a produtividade da linha.

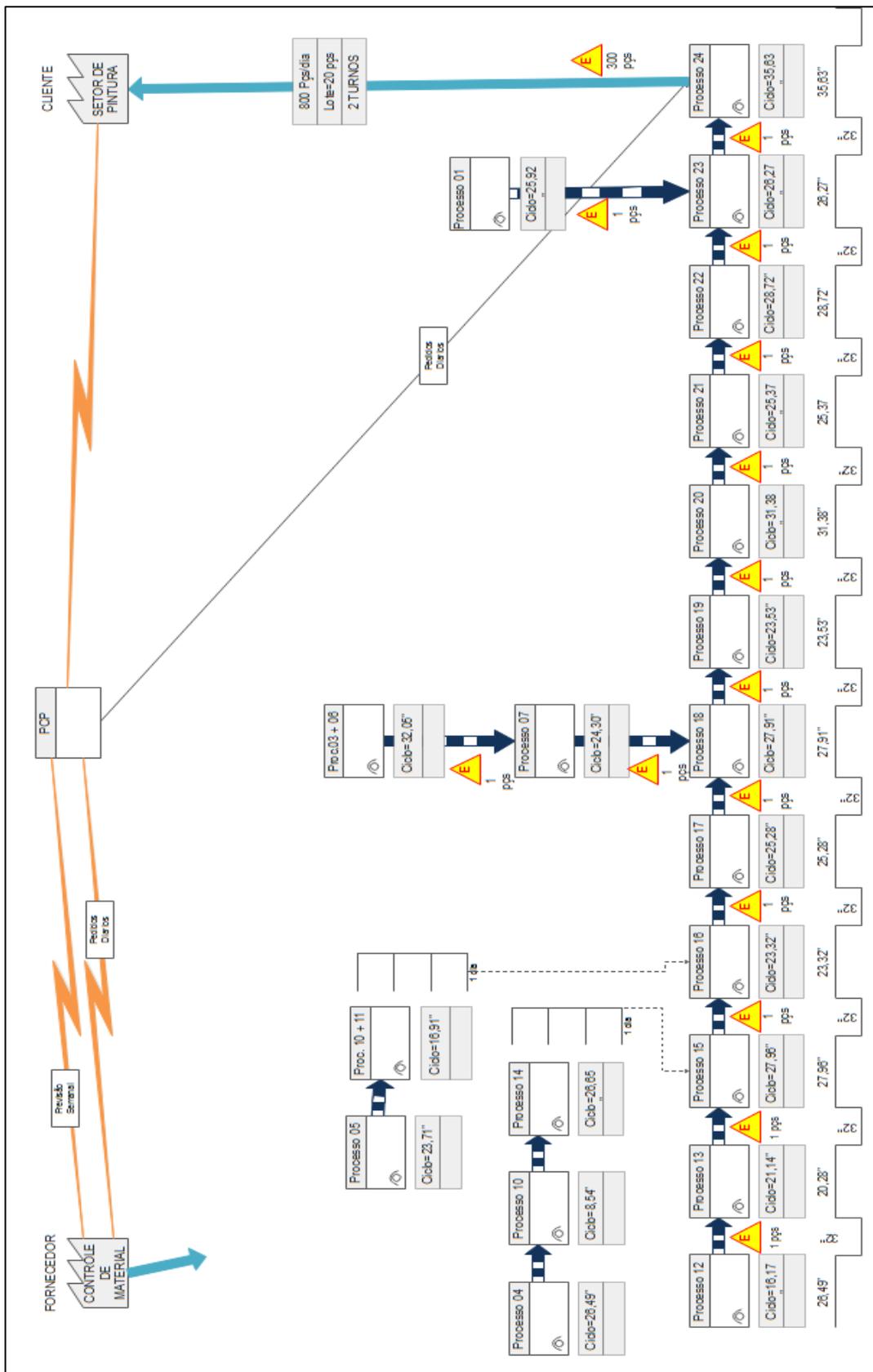
Figura 22 – Resultado do modelo computacional situação futura



Fonte: Dados da pesquisa

As alterações tiveram início pela divisão da linha em uma linha principal e uma sublinha de componentes. Desta forma foi possível trabalhar com ritmos similares entre os processos de cada linha, o que favorece ao processo por lotes menores, assim como, a redução do *leadtime* (de 13.260 segundos para 1.620 segundos) do processo de solda do escapamento.

Figura 23 – Mapa de Valor Futuro



Fonte: Dados da pesquisa

Com a divisão da linha, a sublinha de componentes, que trabalham mais rápido consegue atender uma demanda de 1.029 unidades/dias no mesmo tempo. Essa capacidade excedente pode ser aproveitada em estudos futuros de outras linhas para realizar outras atividades semelhantes em outras famílias de produtos e com isso pode ser possível enxugar ainda mais o quadro de operadores da empresa, assim como especializar os colaboradores restantes naquela atividade proporcionando uma melhoria do tempo de processo e aumentando a qualidade do processo.

A nova disposição permitiu a unificação dos processos 6-3 e 8-11, reduzindo o quadro de operadores de 22 para 20 e, conseqüentemente, o custo anual com funcionários em aproximadamente R\$ 150 mil/ano.

Com a nova proposta, foi possível definir um estoque unitário entre processos favorecendo ao fluxo contínuo de processo, conforme o princípio do *Lean Manufacturing*. Foi estabelecido um *Kanban* de um dia entre a sublinha e a linha que corresponde à produção do turno seguinte, com isto, foi possível reduzir o estoque intermediário de R\$ 89.566,59 para R\$ 31.949,54 sem contar que favorece a redução do *Layout*.

Com o fluxo contínuo, a linha trabalha com o ritmo do gargalo e os demais processos tem mais tempo adicional para realizar sua atividade atentando com mais detalhe para a qualidade do processo, o que irá possibilitar a redução do índice de rejeição e aumento da capacidade da linha, desta forma podendo chegar a 861 und/dia, atendendo a demanda da linha sem necessidade de realizar jornadas extras.

4.1.5 Análise da modelagem

Durante a modelagem da situação atual da linha de produção da solda do escapamento foi possível observar que o controle gerencial não analisava corretamente o fluxo de processo. Provavelmente pela condição de fartura que a empresa tinha durante seu auge de produção. Quando começou a entrar em declínio, a gestão teve dificuldades em identificar os pontos que geravam desperdícios, e conseqüentemente, não agregavam valor ao processo,

principalmente devido ao vício existente pelas más práticas durante a época da fartura.

Nisto, a ferramenta do *Mapa de Fluxo de Valor* se demonstrou bastante efetiva ao auxiliar na identificação dos pontos de desperdícios dentro do fluxo de processo. Trazendo uma visão ampla para a gestão dos pontos que precisavam ser melhorados e com auxílio da filosofia *Lean* corrigir cada um deles.

A partir deste ponto, deu-se início à modelagem do cenário atual de forma a obter uma referência para a comparação com o cenário futuro que seria modelado a partir dos pontos identificados.

Assim, descobriu-se que o principal fator de perda era o fluxo desbalanceado, por consequência do excesso de estoque dentro e fora da linha de produção. Estes estoques ocultavam os reais problemas da linha, dificultando identificar quem era o processo gargalo, quais os processos que tinham rejeição e geravam retrabalho, entre outros.

Com a comparação entre ambos os cenários (atual e futuro), foi fácil comprovar os resultados significativos que a filosofia *lean* agrega para a indústria moderna. Ficou visível como a simples mudança de atitude, e sem a necessidade de investimentos (ou quando necessários, de baixo valor) foi possível extrair ganhos significativos para o processo. Entre os quais se encontra a redução do custo de mão de obra, a redução com materiais dentro da linha, a redução do *tempo de atravessamento ou leadtime* do processo que permite a linha ter flexibilidade e rapidez na sua produção melhorando o tempo de resposta a qualquer alteração de plano.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as considerações finais, conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros. Tem por objetivo apresentar as percepções que foram desenvolvidas neste trabalho. Além, da síntese dos resultados e sugestões de trabalhos futuros.

As deficiências dos sistemas produtivos vigentes já presente no período anterior à recente crise financeira tornaram-se evidente perante a grave situação econômica do país. É então neste momento que as organizações começam a enxergar a necessidade por uma busca de reformas dos seus processos produtivos, justamente quando as receitas não são suficientes para cobrir seus gastos operacionais, e devido a atual competitividade do mercado, principalmente devido à globalização, a empresa não consegue subir o seus preços, já que seus clientes certamente migraram para outros concorrentes. Logo, sua única alternativa é de reduzir os custos operacionais, revendo seu processo produtivo.

Dentro deste escopo, a pesquisa apresentou a ferramenta do *Lean Manufacturing*, cujo foco foi identificar e reduzir os desperdícios, permitindo descobrir capacidades ocultas dentro de uma fábrica, assim como reduzir o custo de fabricação, e para isso, a ferramenta foi aliada ao Mapa de Fluxo de Valor e a simulação computadorizada.

Este conjunto permitiu alcançar o objetivo geral da pesquisa que consistiu em identificar as causas e problemas que oneravam os custos dos produtos em uma linha de solda de escapamento favorecendo a redução da mão de obra, e conseqüentemente, o custo anual com funcionários; a redução de estoques em processos e a redução do *leadtime*.

No entanto, tinha a necessidade de validar os resultados antes mesmo de realizar qualquer alteração dentro do chão de fábrica, já que a empresa não queria arriscar investir em algo que pudesse não ter retorno. Neste ponto a simulação por computador permitiu identificar e apresentar vários pontos de melhorias que se implantados pela empresa em estudo, a levaria a atingir a redução de custo no processo de fabricação do escapamento da motocicleta 150cc que ela precisava.

Entre as limitações encontradas na pesquisa, encontra-se o fenômeno das flutuações aleatórias de eventos dependentes. Dentro de uma linha de produção, cada processo é dependente do processo anterior, e só é possível realizar o processo após completar o anterior. O tempo de ciclo de cada processo sofre flutuações aleatórias causadas por fatores diversos que muitas vezes não são previstos pelo planejamento. Estas flutuações geram atrasos nos eventos seguintes que é repassado ao seguinte e assim sucessivamente. E estes atrasos não podem ser recuperados mesmo o processo sendo mais rápido. Desta forma, a simulação realizada pode ser diferente na prática, já que é difícil prever a variação dos processos.

Pelo significativo resultado obtido na pesquisa, consegue-se enxergar como oportunidade futura, a aplicação do estudo nas outras mais de 200 linhas de produção que a empresa estudada possui, servindo também como um material de consulta para outras pesquisas futuras.

Por isto, o estudo realizado representa uma significativa contribuição na análise da cadeia de valor por meio da validação do Mapa de Valor Atual onde foi possível desenhar a condição atual da linha de produção estudada, permitindo identificar facilmente as ineficiências que oneram os custos dos produtos e auxiliando na criação do Mapa de Valor Futuro que foram validadas pela modelagem, tornando todo o processo mais confiável e eficaz após sua implantação.

REFERÊNCIAS

ABRACICLO prevê estabilização do mercado de duas rodas em 2016. **ABRACICLO**, 2016. Disponível em: < <http://www.abraciclo.com.br/2015/940-abraciclo-preve-estabilizacao-do-mercado-de-duas-rodas-em-2016>> Acesso em: 26 de fevereiro 2016.

ADESOLA, S.; BAINES, T. Developing and Evaluating a Methodology for Business Process Improvement. **Business Process Management Journal**. v. 11, n. 1, p. 37-46, 2005.

ALMEIDA, A. T.; SOUZA, F. M. C. PRODUÇÃO & COMPETITIVIDADE: Aplicações e inovações. Recife: Ed. UFPE, 2000.

ANTUNES, J. SISTEMAS DE PRODUÇÃO: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

AVANCINI, M.M. Um mestrado para quem quer teoria e prática. **ÉPOCA**. 22 de maio de 2014. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/vida/vida-util/carreira/noticia/2014/05/um-mestrado-para-quem-quer-bteoria-e-praticab.html>> Acesso em: 28 de novembro 2015.

BARRETTO, André Renato. SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: LEAN MANUFACTURING IMPLANTAÇÃO E APLICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS DE AUTOMOTIVAS. **Tekhne e Logos**, v. 3, n. 2, 2012.

BECKER, E. et al. Análise Do Processo De Produção De Filés De Tilápia Por Meio De Simulação: Um Estudo De Caso. **ENGEVISTA**, v. 17, n. 4, p. 531-539, 2015.

BLAZEJUK, S.; TORTORELLA, G. L.; GERCHMAN, M. Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor como ferramenta para um modelo de programação de produção nivelada. **Revista Eletrônica Produção em Foco**, v. 5, n. 1, 2015.

CARVALHO, Leonardo Sanches de. Modelagem e simulação: poderosa ferramenta para otimização logísticas. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. 2, p. 267- 274, Set. 2003.

CHIARINI, Andrea. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 226-233, 2014.

CHIAVENATO, I. **Princípios da Administração**: o essencial em Teoria Geral da Administração. 2. ed. Manole, 2013.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2010.

DIEDRICH, H. **Utilização de Conceitos do Sistema Toyota de Produção na Melhoria de um Processo de Fabricação de Calçados**. Porto Alegre: 2002.

FERREIRA, C. C.; CETNARSKI, E. A.; SALDANHA, G. C.; COSTA, S. E. G.; LIMA, E. P. Consequências da implantação pontual de ferramentas Lean. **Journal of Lean Systems**. v. 1, n. 1, p. 51-66, 2016.

FESTUGATTO, J. R. Aplicação da metodologia de balanceamentos de linhas na empresa Atlas Eletrodomésticos Ltda. **Anais: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza**. Fortaleza, 2006

FEURER, Rainer; CHAHARBAGHI, Kazem. Defining competitiveness: a holistic approach. **Management Decision**, v. 32, n. 2, p. 49-58, 1994.

FONTES, C. O.; ALVES, J. F.; TEIXEIRA, C. E. Minimização de Resíduos em um Processo de Manutenção de Aeronaves: Abordagens Seis Sigma, Lean Manufacturing e Produção mais Limpa. In: **INTERNACIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**. São Paulo, 2013.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O Método de Pesquisa Survey. **Revista de Administração**, São Paulo, v.35, n.3, p.105-112, setembro de 2000.

FREITAS, L. Vendas de consórcio de motos recuam 10%. **Diário do Nordeste**. São Paulo, 14 de julho de 2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/vendas-de-consorcio-de-motos-recuam-10-1.1338294>> Acesso em: 28 de novembro 2015.

GABRIEL, M. Métodos quantitativos em Ciências Sociais: sugestões para elaboração do relatório de pesquisa. **Desenvolvimento em Questão**, v.12, n.28, p.348-369, 2014.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente Just-in-time – Automação e zero defeitos. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GIANNOTTI, J. A. Capitalismo e monopólio de conhecimento. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 63, p. 211-235, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GUIMARÃES, L. S.; MEDEIROS, H. S.; SANTANA, A. F. B; PEREIRA, M. S. Redução de custos no processo produtivo com a utilização do ABC e Ferramentas Lean: estudo de caso em uma indústria de componentes de refrigeração. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 1, p. 157, Bauru, 2015.

KACH, S. C.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, E. S.; VEIGA, L. R.; GALHARDI, A. C. Estudo de caso na implementação do Kanban em uma indústria de componentes plásticos rotomoldados. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, v. 1, n. 1, 2015.

LAGE JUNIOR, M. GODINHO FILHO, M. Adaptações ao Sistema Kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. São Carlos: Gest. Prod., vol.15, 2008.

LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. 7^oed. São Paulo: Ed. Atlas, 2010.

LAZARIN, D. F. A aplicação das práticas lean manufacturing: produção sincronizada, kanban, padronização do trabalho e manutenção produtiva total: um estudo em uma empresa fabricante de transmissões. **Anais: IV Congresso de Sistemas LEAN**. p. 175-189, Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 2014

MARUJO, N. A Pesquisa em Turismo: Reflexões sobre as abordagens Qualitativa e Quantitativa. **Revista de Investigación en Turismo y desarrollo local**. v.6, n. 14, 2013.

MORAIS, V. R.; SOUSA, S.; LOPES, I. S. **Implementation of a lean six sigma project in a production line**. In: Proceedings of the World Congress on Engineering 2015 Vol II. London, U.K, 2015.

MORAIS, V. R.; SOUSA, S; LOPES, I. S. Implementation of a lean six sigma project in a production line. **Proceedings of the World Congress on Engineering 2015**. v. 2, 2015, July 1 - 3, 2015, London, U.K 2015.

MORESI, E. Metodologia da pesquisa. **Universidade Católica de Brasília**, 2003.

NETO, Hilario Gomes; OLIVEIRA, J. B.; ANDRADE, CRF. Modelagem e Simulação Computacional em uma Empresa de Confecção de Roupas: Um Estudo sobre o Desempenho de um Processo Produtivo. **Anais: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, 2014.

NOBREGA, B. A.; SANTOS, J. N.; DE JESUS, G. A. Um Estudo da Relação entre Diversidade, Criatividade e Competitividade em Organizações Brasileiras. **Revista de Ciências da Administração**, v 16, n.39, p. 194, 2014.

OHNO, Taiichi, **Toyota production system: beyond large-scale production**, Productivity press, 1988. ISBN 8573071702

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 229-241, 2012.

Os 7 Tipos de Desperdícios da Produção. **GEMBA RESERCH**. Disponível em: <http://www.gemba.com/portuguese/tool-kit.cfm?id=146>. Acessado em: 22 de Maio de 2011.

PAIVA, R. V. C. Epistemologia Dos Modelos De Competitividade: uma nova proposta. **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, 2015.

PATEL, N.; CHAUHAN, N.; TRIVEDI, M. P. Benefits of Value Stream Mapping as A Lean Tool Implementation Manufacturing Industries: A Review. **International Journal for Innovative Research in Science and Technology**, v. 1, n. 8, p. 53-57, 2015.

POGGETTO, P. DAL. Restrição de crédito afeta as vendas de motos e carros, diz Fenabreve. **G1**. São Paulo, 06 de fevereiro de 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/noticias/carros/0,,mul986626-9658,00-restricao+de+credito+afeta+as+vendas+de+motos+e+carros+diz+fenabreve.html>> Acesso em: 28 de novembro 2015.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva**. 1ª edição. Editora: HARVARD BUSINESS SCH, 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Ed. Feevale, 2013.

RAHMAN, N. A. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. **Procedia Economics and Finance**, v. 7, p. 174-180, 2013.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; SCHARAN, M. J. Análise, reprojeto e melhoria do processo de montagem de embalagens de madeira utilizadas para o acondicionamento de motores elétricos. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, 2010.

SANTOS, R. P. C. Engenharia de Processos: análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos. Tese de Doutorado. UFRJ, 2002

SANTOS, T. G. Metodologia De Racionalização De Processos: Um Estudo Sobre A Integração De Ferramentas De Melhoria. **Anais: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, 2011.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção**: Do ponto de vista da engenharia de produção. Porto (GABRIEL, 2014)Alegre: Bookman, 1996. ISBN 857307071699

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**: o Sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996. ISBN 8573071680

SILVA, M. R. **Análise e melhoria do processo produtivo em uma empresa automobilística**. Taubaté: UNITAU, 2002. 71 p.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, N. S; CHAMBRES, C. A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997. ISBN 8521312369

SOUTO, R. S. **Aplicação de Princípios e Conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma Etapa Construtiva de uma Empresa de Construção Civil. P.221**, Porto Alegre: 2000

SOUZA, V. L.; CARVALHO, M. T. M. Uso da filosofia Lean na gestão de processos em edifícios residenciais na cidade de Palmas/TO. **Anais: IV Congresso de Sistemas LEAN**. p. 309-325, Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 2014

TANGEN, S., Demystifying Performance and Productivity. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 54, n. 1, 2005.

VERGIDIS, K.; TURNER, C.J.; TIWARI, A. Business process perspectives: Theoretical developments vs. real-world practice. **International Journal of Production Economics**, v.114, n. 1, p. 91-104, 2008.