



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

CAIO ROLIM ALBUQUERQUE

**PROPOSTA DE AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR DE
PLÁSTICOS EM UMA INDÚSTRIA DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

FORTALEZA

2018

CAIO ROLIM ALBUQUERQUE

PROPOSTA DE AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO
SETOR DE PLÁSTICOS EM UMA INDÚSTRIA DE MEDIDORES DE
ENERGIA ELÉTRICA

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A299p Albuquerque, Caio Rolim.

Proposta de aumento da capacidade de produção do setor de plásticos em uma indústria de medidores de energia elétrica : A metodologia utilizada compreende um estudo de caso dividido em quatro fases que buscam o aumento em 15% da capacidade de produção do setor de plásticos da empresa estudada. / Caio Rolim Albuquerque. – 2018.

113 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias.

1. capacidade produtiva. 2. ferramentas, técnicas e abordagens produtivas. 3. disponibilidade. 4. plásticos. I. Título.

CDD 658.5

2018
CAIO ROLIM ALBUQUERQUE

PROPOSTA DE AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO
SETOR DE PLÁSTICOS EM UMA INDÚSTRIA DE MEDIDORES DE
ENERGIA ELÉTRICA

Monografia submetida à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção Mecânica da
Universidade Federal do Ceará como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eduardo Bessa Albuquerque, Jânia Cristina Rolim Albuquerque, meus maiores exemplos em relação a determinação, dedicação e esforço na busca dos objetivos da vida. Além disso, dedico ao meu irmão, Daniel Rolim Albuquerque, que contribuiu muito para o meu crescimento pessoal com seus variados conhecimentos. Agradeço, também, aos meus avós paternos e maternos, meus segundos pais, os quais contribuíram bastante para a minha chegada até aqui, sempre com ensinamentos sábios.

A todos os meus amigos de graduação da turma de Engenharia de Produção de 2014.1, além de outras turmas do curso, os quais compartilharam esse árduo caminho de cinco anos até aqui, estudando, aprendendo juntos e, principalmente, nunca deixando que houvesse desanimos.

Ao professor Doutor Sérgio José Barbosa Elias, profissional exemplar da docência e do setor privado, que, dentre outras pessoas, me deu a base teórica ao longo do curso para a elaboração deste trabalho e disponibilizou seu tempo para me orientar, sempre com sábias colocações e diretrizes.

A todos os professores da graduação de Engenharia de Produção Mecânica, dentre eles: Heráclito Jaguaribe, Maxweel Veras Rodrigues, Abraão Freires Saraiva Júnior, João Vitor Moccelin, Marcos Ronaldo Albertin, Rogério Teixeira Masih, Alysson Andrade Amorim, José Belo Torres, Anselmo Ramalho Pitombeira Neto e Morgana Baratta, que sempre dedicaram máximo esforço para que todos os discentes do curso adquirissem conhecimentos essenciais à nossa formação como profissional e ser humano.

Às empresas Fármacias Pague Menos e Eletra Energy Solutions, as quais passei como estagiário e pude adquirir conhecimentos práticos a respeito da teoria que me foi repassada em sala de aula.

Por fim, agradeço a Deus por sempre me iluminar em todos os meus passos, por nunca ter deixado que faltasse fé e por sempre ter me protegido ao longo desses cinco anos de graduação. Sou o que sou, hoje em dia, em função d'Ele.

RESUMO

O setor de manufatura de medidores eletroeletrônicos de energia elétrica cresce em ritmo acelerado, com indicadores de desempenho apresentando expressivos avanços, uma vez que, cada vez mais, o sistema energético do país se desenvolve e as concessionárias de energia elétrica investem e demandam novas tecnologias em medição de energia. Em paralelo, as indústrias de medidores concentram a alocação de recursos, tempo e esforço para alcançar uma produção enxuta, que aperfeiçoe o processo produtivo e atinja uma vantagem competitiva, entregando apenas o que agrega valor ao cliente final ao menor custo possível e sendo capaz de atender à demanda solicitada pelo mercado, com a disponibilidade dos produtos aos clientes finais no tempo demandado e com a qualidade solicitada. Nesse sentido, são relevantes estudos que proponham uma otimização do fluxo de produção industrial, tornando-o mais enxuto e sem gargalos que limitem a capacidade de produção. O presente estudo possui como objetivo propor soluções para o aumento da capacidade de produção no setor de plásticos de uma empresa de medidores de energia elétrica, localizada no estado do Ceará, tendo como base uma pesquisa qualitativa, sucedida de um estudo de caso que traz ferramentas, técnicas e conceitos consagrados no âmbito produtivo, ao longo dos anos. O objetivo é aumentar em 15% essa capacidade, tornando o processo capaz de disponibilizar os produtos plásticos ao setor de montagem no tempo demandado e com a qualidade desejada, evitando, assim, que gargalos limitem o processo global de manufatura dos medidores.

Palavras-chaves: capacidade produtiva, ferramentas, técnicas e conceitos produtivos, disponibilidade, plásticos

ABSTRACT

The manufacturing sector of electric-electronic meters of electric energy grows at a fast pace, with performance indicators showing significant advances, since, increasingly, the country's energy system is developing and the electric power utilities invest and demand new technologies in measurement of energy. At the same time, the metering industries concentrate the allocation of resources, time and effort to achieve lean production, which improves the productive process and achieves a competitive advantage, delivering only what adds value to the end customer at the lowest possible cost and being able to meet the demand demanded by the market, with the availability of products to final customers in the time demanded and with the requested quality. In this sense, studies are relevant that propose an optimization of the industrial production flow, making it leaner and without bottlenecks that limit the production capacity. The present study aims to propose solutions for the increase of the production capacity in the plastics sector of a company of electric energy meters, located in the state of Ceará, based on a qualitative research, succeeded by a case study that brings tools, techniques and approaches enshrined in the productive scope, over the years. The objective is to increase this capacity by 15%, making the process capable of making the plastic products available to the assembly sector in the required time and in the desired quality, thus avoiding bottlenecks limiting the overall manufacturing process of the meters.

Keywords: production capacity, productive tools, techniques and approaches, availability, plastics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Estratégias de capacidade..... | 10 |
| Figura 02 – Etapas do planejamento e controle da capacidade..... | 11 |
| Figura 03 – Utilização e eficiência em uma operação..... | 11 |
| Figura 04 – Sistema “Puxado..... | 18 |
| Figura 05 – Técnicas propostas para a TRF..... | 22 |
| Figura 06 – Oito pilares da TPM..... | 25 |
| Figura 07 – Matriz volume-variedade..... | 34 |
| Figura 08 – Carta de relações entre processos..... | 37 |
| Figura 09 – Procedimentos do SLP..... | 38 |
| Figura 10 – Representação do ambiente fabril da empresa estudada..... | 40 |
| Figura 11 – Fluxograma do processo SMT..... | 42 |
| Figura 12 – Fluxograma do processo PTH..... | 43 |
| Figura 13 – Fluxograma setor montagem..... | 44 |
| Figura 14 – Fluxograma setor Plásticos..... | 45 |
| Figura 15 – Unidade de produção no setor de plásticos..... | 50 |
| Figura 16 – Fases de implantação do método proposto..... | 53 |
| Figura 17 – Armazenamento dos caixotes em locais de passagem, gerados pela superprodução..... | 58 |
| Figura 18 – Armazenagem nos caixotes após produção das injetoras plásticas no setor de Plásticos..... | 59 |
| Figura 19 – Primeiro método de melhoria proposto..... | 60 |
| Figura 20 – Solução proposta com esteira em cada 04 injetoras..... | 61 |
| Figura 21 – Representação do robô cartesiano proposto no terceiro método..... | 61 |
| Figura 22 – Rampa de movimentação por gravidade integrada à injetora e ao robô cartesiano..... | 62 |
| Figura 23 – Redução de operadores após implantação da terceira solução..... | 63 |
| Figura 24 – Diagrama de spaguetti para movimentação da talha..... | 67 |
| Figura 25 – Sistema de ponte rolante integrada ao processo de <i>setup</i> | 69 |
| Figura 26 – Carro para <i>setup</i> tracionário..... | 70 |
| Figura 27 – Solução de prateleira deslizante..... | 71 |
| Figura 28 – Sistema GLPI para requisição de manutenção corretiva..... | 74 |
| Figura 29 – Sistema de gestão das manutenções preventivas..... | 75 |
| Figura 30 – Sistema de manutenções preventivas detalhando manutenção..... | 75 |

| | |
|---|----|
| Figura 31 – Tomada de decisão após o estudo da manutenção..... | 77 |
| Figura 32 – <i>Lean Corner</i> para apoio ao Kaizen..... | 79 |
| Figura 33 – <i>Layout</i> atual do setor..... | 87 |
| Figura 34 – Mapofluxograma para análise das movimentações..... | 88 |
| Figura 35 – Análise dos fluxos entre os setores..... | 89 |
| Figura 36 – Carta de relações entre os processos do setor de plásticos..... | 90 |
| Figura 37 – Configuração do arranjo físico proposta..... | 91 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 01 – Comparação da capacidade efetiva com a média da demanda..... | 55 |
| Gráfico 02 – Tempo médio em minutos das paradas planejadas por setup..... | 65 |
| Gráfico 03 – Pareto das atividades críticas do <i>setup</i> | 67 |
| Gráfico 04 – Gráfico de acompanhamento da termografia em uma injetora..... | 76 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 01 – Fases da implantação do TPM em uma organização..... | 25 |
| Quadro 02 – Simbologia do fluxo de processos com descrição e exemplo..... | 27 |
| Quadro 03 – Exemplificação de um gráfico homem-máquina..... | 28 |
| Quadro 04 – Gráfico da mão direita-mão esquerda..... | 32 |
| Quadro 05 – Vantagens e desvantagens de cada arranjo físico..... | 34 |
| Quadro 06 – Fluxograma AV/NAV do processo de fabricação das peças plásticas.... | 56 |
| Quando 07 – Orçamento do segundo e terceiro método integrados..... | 63 |
| Quadro 08 – Análise de viabilidade do segundo e terceiro método..... | 64 |
| Quadro 09 – Orçamento das soluções propostas para a Troca Rápida dos Moldes.... | 71 |
| Quadro 10 – Análise de viabilidade da implantação de soluções para a Troca Rápida dos Moldes..... | 72 |
| Quadro 11 – Fluxo de processo atual do processo de retirada da rebarba de bases monofásicas..... | 81 |
| Quadro 12 – Fluxo de processo proposto do processo de retirada da rebarba de bases monofásicas..... | 82 |
| Quadro 13 – Gráfico homem-máquina do processo de retirada de rebarba..... | 83 |
| Quadro 14 – Mão esquerda-mão direita para retirada de rebarba..... | 86 |
| Quadro 15 – Proposta de mão esquerda-mão direita para retirada de rebarba..... | 86 |
| Quadro 16 – Matriz 5W1H para priorização dos fluxos..... | 88 |
| Quadro 17 – Matriz GUT para priorização dos fluxos no setor de plásticos..... | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 – Observação e registro dos tempos gasto pelo operador..... | 28 |
| Tabela 02 – Total de tempo de cada uma das observações..... | 29 |
| Tabela 03 – Variáveis do sistema <i>Westinghouse</i> | 29 |
| Tabela 04 – Porcentagem das tolerâncias..... | 30 |
| Tabela 05 – Prioridades de proximidade..... | 37 |
| Tabela 06 – Quantidade de peças plásticas por medidor monofásico..... | 47 |
| Tabela 07 – Quantidade de peças plásticas por medidor polifásico..... | 47 |
| Tabela 08 – Demanda solicitada pelos clientes..... | 48 |
| Tabela 09 – Relação de peças injetadas em cada máquina..... | 49 |
| Tabela 10 – Ciclo de produção das injetoras para cada peça plástica..... | 51 |
| Tabela 11 – Capacidades de projeto das peças plásticas..... | 52 |
| Tabela 12 – Capacidades efetivas para cada peça plástica..... | 55 |
| Tabela 13 – Atividades do <i>setup</i> de troca de moldes..... | 66 |
| Tabela 14 – Atividades do <i>setup</i> de troca de moldes após soluções propostas..... | 72 |
| Tabela 15 – Histórico de temperatura das manutenções preditivas..... | 76 |
| Tabela 16 – Atividades de retirada de rebarba..... | 83 |
| Tabela 17 – Medições dos elementos..... | 84 |
| Tabela 18 – Tempos das 05 observações..... | 84 |
| Tabela 19 – Resultados após a aplicação do sistema <i>Westinghouse</i> | 85 |
| Tabela 20 – Resultados do tempo normal da operação de retirada de rebarba..... | 85 |
| Tabela 21 – Resultados após a aplicação das tolerâncias..... | 85 |
| Tabela 22 – Resultados entre as relações dos setores..... | 90 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Contextualização..... | 1 |
| 1.2 Objetivos gerais | 3 |
| 1.3 Objetivos específicos | 3 |
| 1.4 Justificativa | 4 |
| 1.5 Metodologia científica | 4 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 7 |
| 2.1 Evolução dos sistemas de produção | 7 |
| 2.2 Planejamento e Controle da Capacidade | 8 |
| 2.3 Ferramentas, técnicas e conceitos produtivos para aumentar a capacidade produtiva | 13 |
| 2.3.1 Sistema Toyota de Produção..... | 14 |
| 2.3.2 <i>Just in Time</i> (JIT) | 17 |
| 2.3.3 Troca Rápida de Ferramentas (TRF) | 20 |
| 2.3.4 Manutenção Produtiva Total (TPM) | 24 |
| 2.3.5 Estudo de tempos e métodos | 26 |
| 2.3.6 Estudo do arranjo físico | 32 |
| 2.3.6.1 Tipos de arranjo físico | 32 |
| 2.3.6.2 Planejamento Sistemático de <i>Layout</i> | 35 |
| 3 ESTUDO DE CASO | 39 |
| 3.1 Caracterização da empresa..... | 39 |
| 3.1.1. Caracterização do processo produtivo da empresa..... | 40 |
| 3.1.1.1 Setor PCI | 40 |
| 3.1.1.2 Processo montagem | 43 |
| 3.1.1.3 Processo plásticos | 44 |
| 3.1.1.4 Processo laser | 46 |
| 3.2 Caracterização do problema | 46 |
| 4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO | 53 |
| 4.1 Fase 01 | 53 |
| 4.2 Fase 02..... | 56 |
| 4.3 Fase 03..... | 57 |
| 4.3.1 Redução de perdas produtivas utilizando o <i>Just in Time</i> | 58 |
| 4.3.2 Implantação da Troca Rápida de Ferramentas..... | 64 |

| | |
|---|----|
| 4.3.3 Implantação da Manutenção Produtiva Total | 73 |
| 4.3.4 Estudo de Tempos e Métodos | 80 |
| 4.3.5 Análise de <i>Layout</i> | 87 |
| 4.3.6 Cálculo dos possíveis ganhos..... | 91 |
| 4.4 Fase 04..... | 92 |
| 5 CONCLUSÃO | 94 |
| 5.1 Sugestão de trabalhos futuros | 95 |
| 5.2 Considerações finais | 95 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 96 |

1 INTRODUÇÃO

A introdução deste trabalho foi dividida em: contextualização, que faz uma breve abordagem a respeito do mercado no qual a empresa está inserida, além de citar a história da empresa estudada, objetivos gerais e específicos do estudo, justificativa do trabalho realizado, metodologia científica utilizada e estrutura do trabalho, representando um breve resumo de cada capítulo.

1.1 Contextualização

As indústrias, com a crescente concorrência enfrentada no atual mercado globalizado, investem cada vez mais recursos financeiros, tempo e esforço para otimizar seus processos produtivos e, em consequência, conseguir alcançar uma maior eficiência na produção com o atendimento da demanda solicitada pelos clientes. O atual mercado de medidores de energia elétrica está em constante crescimento, devido, dentre outros fatores, à urbanização e à chegada de energia elétrica em locais isolados, que antigamente não possuíam estrutura para receber redes elétricas. Ademais, as distribuidoras de energia estão demandando, em maior grau, medidores inteligentes utilizados em redes elétricas inteligentes, que são capazes de tornar a distribuição de energia mais eficiente, além de mapear o perfil de consumo de energia de cada consumidor.

De acordo com estudos da Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (ApexBrasil), apresentados no 9º Fórum de *smart grid* da América Latina, em 2016, calcula-se que o mercado de *smart grid* no Brasil pode chegar a um total de US\$ 18 bilhões até 2025. O termo *smart grid* se refere a “rede elétrica inteligente”, que consiste em um sistema de energia elétrica que se utiliza da tecnologia da informação para tornar o sistema elétrico mais eficiente, tanto econômica quanto energeticamente, além de mais confiável e sustentável. Para a operação dos *smart grid's*, faz-se necessária a instalação de medidores inteligentes ou, do inglês, *smart meters*, que, dentre outras funções, possui a capacidade de fazer, em pequenos espaços de tempo, medições acerca do consumo energético de cada consumidor e enviá-las às concessionárias de energia elétrica. No geral, os medidores

inteligentes exportam dados coletados em intervalos de 15 minutos para as distribuidoras de energia. Esses medidores começaram a ser comercializados, tanto no estado do Ceará como em outras partes do Brasil, no segundo semestre de 2018, integrados a projetos pilotos de *smart grid's* desenvolvidos por algumas companhias de energia elétrica.

A principal modalidade de venda de medidores de energia elétrica para as concessionárias, no Brasil, é a licitação. As diversas distribuidoras de energia do País realizam licitações para suprir as necessidades de medidores em seus estoques e instalá-los nos estabelecimentos. Após ganhar a licitação, a empresa fornecedora dos medidores de energia elétrica possui um período para produzir e distribuir os medidores, conforme os critérios do contrato. Dessa maneira, não são produzidos todos os produtos no momento em que se vence a licitação, sendo essa distribuição realizada ao longo dos meses, de acordo com as necessidades de cada cliente.

A empresa do estudo, sediada no estado do Ceará, foi fundada no ano de 2015 por um grupo Chinês, que possui mais de 20 anos de experiência no desenvolvimento e fabricação de medidores de energia elétrica monofásicos e polifásicos, figurando entre uma das líderes mundiais em medição de energia elétrica, com uma demanda de, aproximadamente, 16 milhões de medidores de energia elétrica.

Atualmente, a demanda mensal da empresa gira em torno de 200.000 a 300.000 medidores de energia elétrica, conforme a necessidade dos clientes para o mês e a sazonalidade da demanda, uma vez que apenas há novas demandas em caso de ganho de novas licitações.

A organização em questão adota uma estratégia de produção baseada nos requisitos do mercado, optando pela forte verticalização, ou seja, terceiriza apenas as embalagens dos produtos. Assim, todos os outros componentes dos medidores, tanto eletrônicos, como plásticos, metálicos ou estruturais são manufaturados na própria fábrica em suas unidades de produção próprias. Ao todo, o ambiente fabril conta com 03 grandes unidades de produção, sendo elas: setor PCI, composto pela SMT (*Surface Mount Technology* ou Tecnologia de Montagem em Superfície) e pela PTH (*Pin Through Hole* ou Introduzir o Pino no Furo), responsável por produzir as placas eletrônicas dos medidores; setor de plásticos, responsável por fornecer todas as peças plásticas utilizadas nos produtos e setor de montagem, responsável por montar o produto final, unindo a placa eletrônica, as peças plásticas e as peças metálicas.

A atual capacidade do setor de plásticos não atende à demanda solicitada pelo setor de montagem, o que, em muitos casos, causa paradas nas linhas de montagem por falta de componentes plásticos, acarretando atrasos no *lead time* de produção, redução de faturamento dos produtos e não atendimento à programação da produção fornecida pelo setor de Planejamento e Controle da Produção.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), as organizações que estão trabalhando em sua capacidade “máxima” são as restrições de capacidade de toda a operação. Dessa forma, infere-se que o setor de plásticos, atualmente, está restringindo a capacidade de toda a operação, configurando em um gargalo. Urge, então, a necessidade de realização de estudos em vista a propor o aumento da capacidade de produção das peças plásticas que não atendem satisfatoriamente o setor de montagem.

Dessa maneira, surge o seguinte questionamento: como aumentar a capacidade produtiva de um setor de plásticos de uma empresa que fabrica medidores de energia elétrica, tornando-o mais produtivo e evitando que o mesmo se configure em um gargalo para o processo de produção global?

1.2 Objetivos gerais

Este trabalho possui como objetivo geral propor soluções para o aumento da capacidade de produção das injetoras do setor de plásticos de uma empresa de medidores de energia elétrica, evitando que o mesmo se torne um gargalo para a operação global da fabricação de medidores de energia elétrica.

1.3 Objetivos específicos

Este trabalho possui quatro objetivos específicos. Assim, os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- Mapear os principais ofensores da produção no setor de plásticos;
- Eliminar gargalos no setor de plásticos;
- Propor métodos baseado em ferramentas, técnicas e conceitos produtivos para o aumento da capacidade no setor de plásticos;

- Recomendar soluções para a disponibilidade de peças plásticas ao setor de montagem em flutuações de demanda, causadas pela sazonalidade da demanda;

1.4 Justificativa

Para garantir a disponibilidade de peças plásticas ao processo final de produção dos medidores de energia elétrica e, conseqüentemente, atender à demanda solicitada pelos clientes com qualidade e no prazo contratual estabelecido, bem como responder, com eficiência, às flutuações nas demandas causadas pela sazonalidade, foi definida como estratégia da diretoria industrial aumentar a capacidade de produção dos produtos plásticos, para que o setor não seja um limitador da capacidade global ou, em outras palavras, não seja considerado o setor gargalo da fábrica.

Então, foram utilizadas ferramentas, técnicas e conceitos diversos utilizados em ambientes fabris eficientes para identificar os principais ofensores de paradas das injetoras no setor de plásticos, priorizando os produtos plásticos com capacidades mais críticas e que possuem maior índice de não atendimento à demanda do setor de montagem. São contemplados: ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing*, estudo de tempo e métodos e análise de *layout*.

Por fim, foi realizada uma previsão de retorno dos ganhos com as diversas propostas para comprovar a eficiência do estudo, visando a tomada de decisão de aplicação dessas propostas em um futuro próximo, de acordo com os investimentos necessários.

1.5 Metodologia científica

A investigação científica baseia-se na lógica da metodologia empírica (POPPER, 2003), visto que, configura-se como um procedimento sistemático e reflexivo que objetiva a aquisição do conhecimento através da descoberta de fatos e/ou leis (ANDER-EGG, 1978; COLLIS; HUSSEY, 2005). A metodologia das pesquisas científicas pode ser classificada e definida conforme sua abordagem, finalidade e procedimentos técnicos empregados (GIL, 2010; VERGARA, 2006).

Assim, quanto à abordagem, este trabalho pode ser caracterizado ora como pesquisa qualitativa, uma vez que segundo Vieira e Zoudain (2006), “a pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como a que se baseia principalmente em análises qualitativas, caracterizando-se, em princípio, pela não utilização de instrumental estatístico na análise dos dados”, ora como pesquisa quantitativa, pois conforme aborda Richardson (1999), utiliza-se da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, usando técnicas estatísticas.

Já no âmbito da finalidade da pesquisa, o estudo pode ser caracterizado como descritivo. As pesquisas descritivas objetivam identificar correlação entre variáveis e focam-se não somente na descoberta, mas também, análise dos fatos, descrevendo-os, classificando-os e interpretando-os. Trata-se, portanto, de uma análise aprofundada da realidade pesquisada (RUDIO, 1985). Nesse tipo de pesquisa, primeiramente, coletam-se e analisam-se os dados para, em seguida, fundamentar teoricamente tudo o que foi coletado e analisado.

Em relação aos procedimentos técnicos utilizados, o presente trabalho trata-se de um estudo de caso, de caráter descritivo, com uma abordagem qualitativa, realizado no estado do Ceará. De acordo com o que menciona Yin (2005), o método de estudo de caso possui um viés empírico, e investiga contextos atuais e reais, considerando o pressuposto de que as fronteiras onde o contexto está inserido e o fenômeno, que é tirado de muitas fontes e evidências, não são definidos claramente. Ainda em paralelo com o tema, Creswell (2007) menciona que o estudo de caso é identificado pela profundidade da investigação.

Além disso, para sustentar o estudo de caso e conseguir atingir os objetivos gerais e específicos do trabalho, utilizaram-se procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica e documentação direta.

A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa do ramo de medidores eletroeletrônicos, sediada no estado do Ceará, com o objetivo principal de propor métodos para o aumento da capacidade produtiva do setor de plásticos da indústria e eliminar o principal gargalo fabril, nos dias atuais. Feito isso, foram previstos os ganhos obtidos com a aplicação das propostas para analisar a viabilidade de implantação delas.

Primeiramente, foi realizada uma coleta de dados com aplicações qualitativas, por meio de observações por fotos e vídeos, cronômetro, análise de documentos e entrevistas em campo com os colaboradores do tático e do operacional.

Em um segundo momento, com o apoio do nível gerencial, realizou-se o levantamento de dados históricos do setor para análises estatísticas, aplicação de ferramentas técnicas da pesquisa bibliográfica e proposta de novas metodologias de produção que tornassem mais eficiente a capacidade de produção de determinadas peças plásticas.

Em correspondência com o tema “análise”, GIL (1999, p. 168), cita que:

A análise tem como objetivo organizar e sumariar os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos.

Desse modo, a análise objetiva encontrar a coerência e a concepção dos dados anteriormente coletados para utilizar como base para as respostas ao problema proposto no estudo.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em um total de 05 capítulos. Primeiramente, no capítulo 01, foi abordada a introdução, que contém: contextualização, objetivos gerais, objetivos específicos, metodologia e estrutura do trabalho.

Seguindo a ordem, desenvolveu-se, no capítulo 02, toda a revisão teórica, que serviu como base para todo o estudo de caso e toda a conclusão dos resultados obtidos. Nesse capítulo, são apresentadas as fundamentações teóricas de autores renomados no assunto abordado pelo estudo, com o objetivo de familiarizar o leitor a respeito das aplicações práticas a serem propostas.

O terceiro e quarto capítulos abrangem o estudo de caso. Esse estudo de caso foi dividido em: caracterização da empresa, detalhamento da situação-problema, método de solução proposto ou encaminhamento dessa situação-problema, proposta de aplicação das ferramentas, técnicas e conceitos da revisão teórica, análise dos possíveis ganhos obtidos com a aplicação prática das soluções e, por último, uma proposta de como aplicar o estudo no futuro.

O quinto e último capítulo discorre a respeito das conclusões do estudo de caso proposto, abrindo discussão para aplicação, na prática, das soluções propostas, além de possíveis novos estudos, após essa aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta etapa do trabalho, foi elaborada a base teórica que amparou todo o estudo de caso. Foi dividida, então em 04 subseções, dentre elas: evolução dos sistemas de produção, planejamento e controle da capacidade produtiva e filosofias, ferramentas, técnicas e conceitos para aumento da capacidade de produção, que englobam Sistema Toyota de Produção, *Just in Time*, Troca Rápida de Ferramentas, Manutenção Produtiva Total, estudo de tempos e métodos e análise *layout*.

2.1 Evolução dos sistemas de produção

Segundo Martins e Laugeni (2005), com o passar do tempo, muitas pessoas se especializaram na produção de certos bens, e passaram a manufaturá-los de acordo com as especificações do cliente final, dando origem, assim à produção artesanal. Nascia, assim, a produção artesanal, a primeira forma de produção organizada, visto que os artesãos estabeleciam prazos de entrega, atendiam especificações prefixadas e determinavam preços.

Ainda conforme Martins e Laugeni (2005), foi após a Revolução Industrial, ainda no século XVIII e XIX, que esses sistemas foram se aperfeiçoando, com uma maior utilização de máquinas e, conseqüentemente, redução da mão de obra. Os artesãos passaram, assim, a serem agrupados nas fábricas, deixando suas próprias oficinas. Esse novo modo de pensar a função produção trouxe consigo algumas exigências, tais como: a padronização dos produtos e seus processos de fabricação, o treinamento e a habilitação da mão de obra direta, o desenvolvimento dos quadros gerenciais e de supervisão, dentre outros.

Para Shimokawa e Fujimoto (2011), as máquinas foram se evoluindo ao longo do século XIX, tornando-se multifuncionais, ou seja, uma máquina conseguia manufaturar diversos produtos, apenas com a substituição de certas peças. Muito desse desenvolvimento se deu pelos estudos de Frederick Taylor e Jules Henri Fayol, que introduziram diversas técnicas de produção inovadoras nos sistemas vigentes da época, como o incremento da eficiência e eficácia operacional na administração industrial e a Teoria Geral da Administração. A partir do século XX, conforme aborda a evolução dos sistemas de produção se acelerou rapidamente, por meio da

especialização das máquinas, técnicas de produção em massa, semi automatização e introdução de linhas de montagem, propostas no modelo criado por Henry Ford.

Após a segunda guerra mundial, o mundo presenciou outro grande desenvolvimento dos sistemas de produção. Foi no Japão, país que se encontrava em crise pós-guerra, que surgiu um modelo de produção que revolucionou toda a cadeia produtiva mundial. A Toyota, empresa automobilística responsável pela criação do modelo, na época, se encontrava com restrições de capital para investimentos, mercado consumidor fragmentado e de baixo volume, uma vez que os clientes demandavam cada vez mais diferentes modelos de carros, e alto nível de estoque, devido à produção em massa.

Ainda segundo Shimokawa e Fujimoto (2011), tais cenários adversos foram essenciais para a Toyota introduzir uma diferente e inovadora maneira de gerir o processo produtivo, evitando o foco exclusivamente na capacidade produtiva dos maquinários. Passou-se, a partir daí, a evitar a produção de grandes lotes e a flexibilizar ao máximo a produção.

Para amparar as ideias de pequeno lote e flexibilidade produtiva, surgiram dois grandes pilares do Sistema Toyota de Produção: a autonomia (*Jidoka*) e *Just in Time* (JIT) (Ohno, 1988; Holweg, 2007). Outrossim, citam-se ferramentas do *Lean Manufacturing* como a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) e a Manutenção Produtiva Total (TPM) como fundamentais para aumentar a disponibilidade dos recursos produtivos e, em consequência, o atendimento dos produtos e serviços aos clientes, com qualidade, a um baixo custo e no tempo solicitado.

2.2 Planejamento e Controle da Capacidade

O mercado exige a disponibilidade de produtos e serviços e a operação fornece a capacidade para entregá-los aos clientes finais. Garantir a capacidade ideal para atender à demanda atual e futura é uma responsabilidade fundamental da administração da produção e operações. O bom planejamento da capacidade evita ociosidades, bem como contribui para a disponibilidade no tempo solicitado, com a qualidade e custo requisitados.

“A capacidade de uma operação é o máximo nível de atividade de valor adicionado em um período de tempo específico que o processo pode realizar sob condições normais de operação” (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009, p. 315).

Já para Corrêa e Corrêa (2008), a capacidade de uma operação é caracterizada como a quantidade máxima potencial de atividade de agregação de valor que pode ser atingido por uma unidade produtiva, sob condições normais de operação.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), diversas organizações operam em capacidade inferior à que, de fato, suportam, seja por falta de demanda, seja por alguma estratégia operacional. Porém, frequentemente, encontram-se operações em capacidade “máxima”, sendo consideradas restrições de capacidade da operação global. Assim, fala-se que a capacidade global de uma companhia depende de alguns fatores, tais como: *mix* de produtos e atividades da organização, utilização, eficiência e processo gargalo. Quando se fala em decisão de capacidade, um dos primeiros conceitos a que se remete é o de previsão de demanda. A escolha da capacidade ideal de operação está diretamente relacionada a uma boa previsão de demanda.

Ainda segundo o entendimento de Slack, Chambers e Johnston (2009), planejamento e controle da capacidade é a função de determinar a capacidade efetiva da operação produtiva, de forma que seja possível o fiel atendimento à demanda do cliente. Um processo com um bom planejamento e controle da capacidade consegue responder, de maneira eficiente, a flutuações de demanda. Essa decisão impacta várias variáveis, como custo, receita, flexibilidade, qualidade dos produtos ou serviços, confiabilidade do processo e *lead time* de resposta às variações de necessidades do cliente.

Seguindo o raciocínio de Corrêa e Corrêa (2008), as organizações devem possuir bem definidos os níveis e horizontes das decisões de capacidade de curto, médio e longo prazo, que depende, diretamente, do nível dessa decisão (estratégico, tático ou operacional). A figura 01 relaciona cada estratégia, com suas características típicas.

Figura 01 – Estratégias de capacidade

| Inércia | Horizonte | Questões principais | Nível decisório | Decisões típicas |
|---------|------------------------|--|-------------------------|---|
| Longa | Meses / Anos | <ul style="list-style-type: none"> - Que nível global de capacidade será necessário ao longo do horizonte? - Que padrão de decisões deverão ser adotado para alterar os níveis globais de capacidade? | Estratégico / Diretoria | <ul style="list-style-type: none"> - Novas unidades de operações - Expansões de unidades - Aquisição / alteração de tecnologia de processo |
| Média | Semanas / Meses | <ul style="list-style-type: none"> - Será utilizada produção nivelada ou acompanhamento da demanda com a produção? - Que composto de funcionários próprios e terceirizados será usado para atender as flutuações de demanda? | Tático / Gerência média | <ul style="list-style-type: none"> - Turnos de trabalho ao longo do horizonte - Terceirização de capacidade - Dimensionamento de pessoal - Aquisição: recursos de menor porte |
| Curta | Horas / Dias / Semanas | <ul style="list-style-type: none"> - Quais recursos serão alocados para quais tarefas? - Como acomodar flutuações de demanda no curtíssimo prazo? | Operacional | <ul style="list-style-type: none"> - Alocação de pessoal entre setores - Horas extras - Alocação de pessoal no tempo - Controle de entrada e saída do fluxo por percurso |

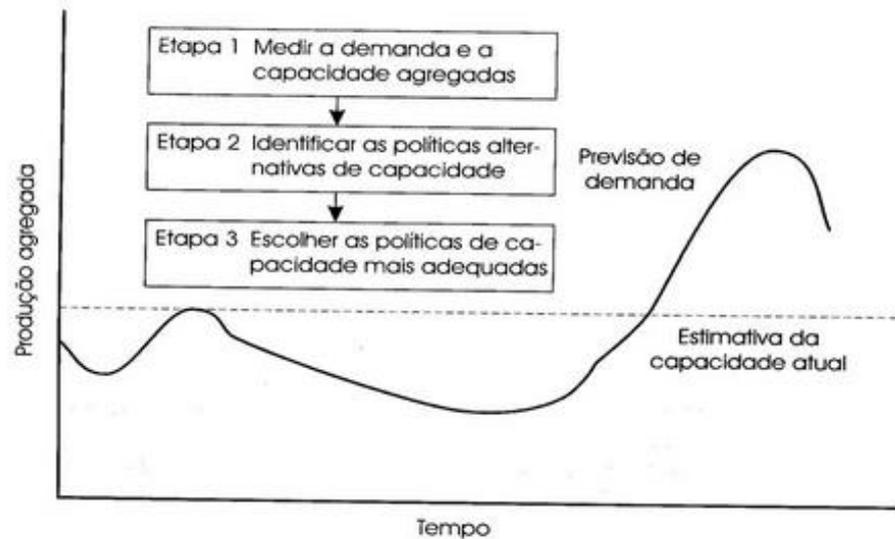
Fonte: adaptado de Corrêa e Corrêa (2008)

Ademais, conforme Corrêa e Corrêa (2008) e Slack, Chambers e Johnston (2009), os incrementos de capacidade seguem três diferentes tendências, sendo elas: capacidade constante, quando a capacidade de processamento é estabelecida em um nível constante, sem considerar eventuais flutuações de demanda, antecipação da demanda, quando a estratégia é antecipar o incremento antes do real aumento da demanda e acompanhamento da demanda, quando o incremento se dá após a ampliação da demanda.

Slack, Chambers e Johnston (2009), lista um passo a passo para um eficiente planejamento e controle da capacidade:

- I. Mensurar a demanda e a capacidade agregadas;
- II. Identificar as políticas alternativas de capacidade;
- III. Escolher as políticas de capacidade mais adequadas.

Figura 02 – Etapas do planejamento e controle da capacidade

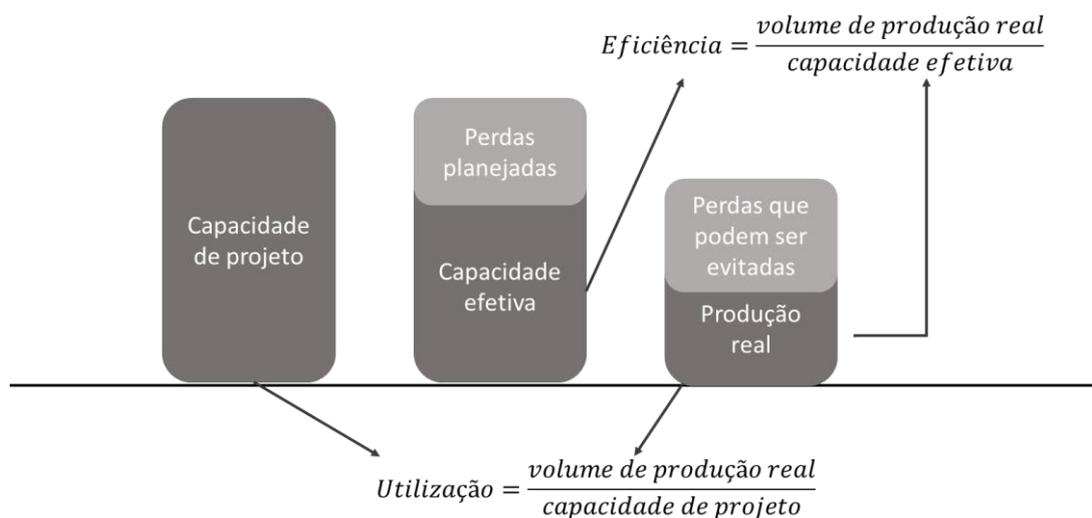


Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009)

A figura 02 correlaciona o passo a passo de um eficiente planejamento da capacidade com a produção agregada, o tempo e a previsão de demanda.

A capacidade teórica, projetada antes do início da operação, na grande maioria dos casos, não consegue se efetivar, tendo em vista as diversas perdas planejadas e não planejadas ao longo dessa operação. Como já citado, a capacidade depende da utilização e eficiência, conforme relaciona Slack, Chambers e Johnston (2009), na figura 03.

Figura 03 – Utilização e eficiência em uma operação



Fonte: adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

Onde:

- Capacidade de projeto = (dias úteis de trabalho) x (horas trabalhadas por dia) x (unidades em produção por hora) x (quantidade de máquinas);
- Capacidade efetiva = (capacidade de projeto) - (perdas planejadas);
- Produção real = (capacidade efetiva) - (perdas não planejadas).

O conceito de capacidade se associa ao conceito de “tempo de ciclo”. O “tempo de ciclo” é caracterizado como o tempo máximo permitido a uma estação de trabalho em uma linha de montagem para concluir um conjunto de atividades determinadas e produzir uma peça, por exemplo, ou seja, o intervalo de tempo entre dois componentes consecutivos. Assim, tem-se que:

- Tempo de ciclo = tempo transcorrido entre o início de duas peças sucessivas

A capacidade de uma operação é, também, constantemente relacionada ao OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que em português significa eficácia geral dos equipamentos envolvidos na operação produtiva. Esse indicador é uma importante ferramenta da Manutenção Produtiva Total (TPM), um poderoso dispositivo da Manufatura Enxuta, amplamente empregado nos dias atuais.

O indicador OEE é resultado da multiplicação de três parâmetros com funções relevantes na filosofia do TPM (FUENTES, 2006). Parafraseando Antunes (2008) esses parâmetros são definidos da seguinte maneira:

- Disponibilidade (*availability*): é a quantidade de tempo em que um equipamento esteve disponível para operar relacionado com a quantidade de tempo em que foi, de fato, programado para trabalhar;
- Desempenho (*performance*): é quanto o equipamento trabalha próximo do ciclo ideal para a produção de uma peça;
- Qualidade (*quality*): é o número total de peças boas produzidas relacionado com o número total de peças manufaturadas.

Para se chegar ao cálculo do OEE, são utilizados os três parâmetros listados, conforme indicam as fórmulas 1, 2, 3 e 4 a seguir:

$$Di = \left(\frac{t1}{t2}\right) * 100\% \quad (1)$$

$$De = \left(\frac{tc1}{tc2}\right) * 100\% \quad (2)$$

$$Q = \frac{\text{peças conformes}}{\text{total de peças}} \quad (3)$$

$$OEE = Di * De * Q \quad (4)$$

Onde:

Di: Disponibilidade; t_1 = tempo do equipamento em produção; t_2 = tempo programado de produção do equipamento.

De: Desempenho; tc_1 = tempo de ciclo ideal; tc_2 = tempo de ciclo real.

Q: Qualidade; peças boas = quantidade de produtos conformes; total de peças = total de peças produzidas, entre produtos conformes e não conformes.

OEE: *Overall Equipment Effectiveness* ou, traduzindo, Eficácia Geral de Equipamento.

Assim, o OEE, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), se baseia em três aspectos de desempenho:

- Tempo em que o equipamento está disponível para operar;
- Qualidade do produto ou serviço que manufatura;
- Velocidade ou taxa de atravessamento do equipamento.

O primeiro aspecto está diretamente relacionado aos tempos de preparação das máquinas, além de paradas planejadas e não planejadas de produção acarretadas por quebras de equipamento. O segundo aspecto está ligado à qualidade e eficiência do processo produtivo em si, crucial para a produção de produtos conformes. O terceiro, e último, aspecto diz respeito ao tempo de ciclo, já que é o tempo necessário para o produto começar a ser transformado até a sua completa transformação.

Infere-se que a adoção de algumas práticas da manufatura enxuta contribui para uma melhor eficácia geral do equipamento, alcançando uma maior disponibilidade dos materiais e, em consequência, aumentando a capacidade do processo produtivo. Eliminam-se, assim, os eventuais gargalos produtivos, que impactam negativamente a operação global.

2.3 Ferramentas, técnicas e conceitos produtivos para aumentar a capacidade produtiva

Algumas ferramentas, técnicas e conceitos podem ser listados quando se deseja aumentar a capacidade de produção de uma operação, dentre eles: os conceitos abordados no Sistema Toyota de Produção, englobando Manufatura Enxuta

e *Just in Time*, as ferramentas Troca Rápida de Ferramentas e Manutenção Produtiva Total. Além disso, citam-se o estudo de tempos e métodos e análise de *layout*.

2.3.1 Sistema Toyota de Produção

Conforme aborda Bhasin e Burcher (2006), o Sistema Toyota de Produção ou, simplesmente, STP surgiu, como prática gerencial, após o término da segunda guerra mundial, como uma variação ao antigo sistema, o de produção em massa, introduzido pelo Fordismo. O Sistema Toyota de Produção (STP), elaborado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na década de 1950, foi introduzido na literatura acadêmica através do professor Yasuhiro Monden (SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007).

Conforme Ohno (1988), o STP preza pela total eliminação de desperdícios, manufaturando pequenos lotes e visando a flexibilidade produtiva. Tais objetivos são alcançados com a introdução de técnicas da Manufatura Enxuta, como: a automação (*Jidoka*), o *Just in Time* (JIT), a base do STP, a Troca Rápida de Ferramentas, a Manutenção Produtiva Total, o *Kaizen*, o sistema “puxado” com *kanban*, dentre outras. O foco é total no cliente.

O Mapa de Fluxo de Valor pode ser a ferramenta utilizada para relacionar todas as técnicas de Manufatura Enxuta, criando, após análise do mapa de fluxo atual, um mapa de fluxo futuro, importante para gerenciar o processo produtivo, reduzindo custos, acompanhando as movimentações de pessoas e materiais, bem como identificando forças e fraquezas nesse processo. Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento de fluxo de valor possibilita a identificação do tempo de processo em cada célula produtiva, o espaço percorrido, as dificuldades de fabricação e os desperdícios de tempo e material.

Assim, considera-se o Mapeamento de Fluxo de Valor como uma boa alternativa para a redução dos desperdícios, aumento da disponibilidade dos recursos produtivos e, conseqüentemente, elevação da capacidade das unidades produtivas em uma indústria.

Um conceito plenamente abordado no Sistema Toyota de Produção é a manufatura enxuta. Esse conceito, nascido do Sistema Toyota de Produção, consiste em um conjunto de conceitos que visam entregar o máximo de valor com a menor quantidade possível de recursos, eliminando os desperdícios e trabalhando somente

no que é demandado no momento e que agrega valor ao cliente final do processo. Entre os principais objetivos e metas da manufatura enxuta, têm-se redução de custo (Ohno,1988), fabricação de produtos sem defeitos conforme a necessidade dos clientes (WOMACK e JONES, 2004) e foco no cliente (Dennis, 2008).

A adoção das práticas de manufatura enxuta proporciona diversos benefícios em desempenho operacional às companhias, dentre eles: redução de custos, aumento da qualidade, flexibilidade e disponibilidade de máquinas, o que, conseqüentemente, aumenta a capacidade produtiva de todas as unidades de produção envolvidas no processo.

Entre as ferramentas, técnicas e conceitos englobados pela manufatura enxuta, podem ser lembradas, dentre outras, o *Just in Time*, a Manutenção Produtiva Total e a Troca Rápida de Ferramentas. Tais ferramentas aplicadas em conjunto podem trazer, entre outros benefícios, aumento da disponibilidade de mão de obra, de máquinas e de equipamentos. Em processos considerados gargalos à operação global, o aumento da disponibilidade dessas variáveis se torna imprescindível para o atendimento da demanda solicitada pelo cliente final. Rother e Shook (2003) listam um passo a passo para a implantação da manufatura enxuta, com sete procedimentos;

a) Procedimento 1 – Produzir de acordo com seu *takt time*: o *takt time* consiste na frequência com que se deve produzir um item, baseado no ritmo de vendas, para atender a demanda do cliente. Para alcançar a produção de acordo com o *takt time* são necessárias algumas ações, tais como;

- Fornecer resposta rápida a problemas;
- Eliminar causas de paradas de máquinas não planejadas;
- Diminuir tempo de troca em processos.

b) Procedimento 2 – Desenvolver um fluxo contínuo onde possível: nessa etapa, as perdas devem ser eliminadas. Os itens devem ser produzidos um de cada vez, com cada um passando imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma parada e nenhum desperdício entre eles. Juntam-se os tempos de *lead time* conforme aumenta a confiabilidade no processo. Em conseqüência, diminuem-se os tempos inúteis ao processo, entre eles o tempo de troca e as paradas não planejadas;

- c) Procedimento 3 – Utilizar o supermercado para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos de fluxo contínuo (procedimento 2): em alguns processos, não é possível a fabricação em fluxo contínuo, sendo obrigada a manufatura em lotes, com um sistema “puxado” e configuração de um “supermercado”. Para a maior disponibilidade dos lotes, a capacidade de produção deve ser adequada à operação global, sendo alcançada, dentre outras formas, com a redução do tempo de preparação, a manutenção produtiva total, dentre outras;
- d) Procedimento 4 – Buscar enviar a programação do cliente para somente um processo de produção: pelo sistema “puxado”, é preciso programar apenas um ponto no fluxo de valor porta a porta. Tal ponto é caracterizado como processo “puxador”. Flutuações no volume de produção no processo puxador afetam a capacidade necessária nos processos seguintes. A análise do inventário do supermercado e o *lead time* estão relacionadas nesse processo. Assim como citado no procedimento 03, a maior disponibilidade possível dos produtos é alcançada com reduções no tempo de *setup*, manutenção produtiva total, além de análises e melhoria do arranjo físico, para suprimir movimentações desnecessárias.
- e) Procedimento 5 – Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do processo puxador (nivelar o *mix* de produção): agrupar os mesmos produtos e manufatura-los todos em uma só vez, torna complexa alguma variação do lote que está sendo produzido solicitada pelo cliente. Tal fato acarreta excesso de estoque e *lead time* mais longo para atender aos pedidos. Mais uma vez, a maior capacidade de produção por hora das peças solicitadas, flexibiliza a produção de *mix* variados, uma vez que diminui o *lead time* de entrega do que foi solicitado pelo processo cliente.
- f) Procedimento 6 – Criar uma “puxada” inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo “puxador” (nivelar o volume de produção): o nivelamento do volume de produção possibilita o alerta para os problemas, de forma que rápidas ações corretivas possam ser tomadas.
- g) Desenvolver a habilidade de manufaturar “toda peça todo dia” (depois de cada turno, a cada hora ou palete ou pitch) nos processos de fabricação

anteriores ao processo “puxador”: redução nos tempos de preparação das máquinas e consequente aumento de capacidade, aumentam a disponibilidade das variadas peças.

Após o exame dos itens listados, percebe-se a importância do aumento da disponibilidade dos produtos para o cliente no momento em que devem ser “puxados”, por meio de um aumento de capacidade, trazido por menores tempos de *setup*, manutenção produtiva total, troca rápida de ferramentas, dentre outras ferramentas da manufatura enxuta.

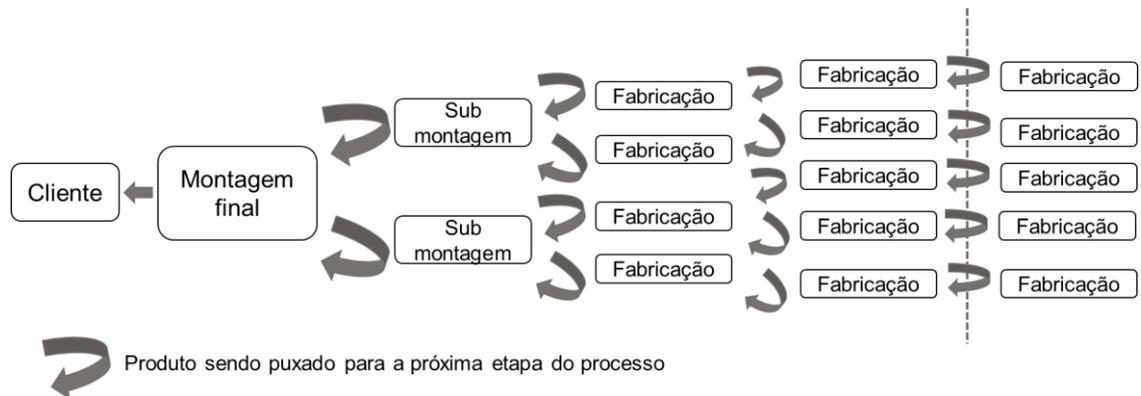
2.3.2 *Just in Time* (JIT)

O *Just in Time*, como a própria tradução já explicita, pauta-se pela manufatura das unidades de acordo com as quantidades solicitadas, no tempo e local estipulados. O *Just in Time* é um conceito de administração da produção calcado na meta de produzir apenas o volume de um item exatamente no momento necessário (KIMURA e TERRADA, 1981).

Segundo Albertin e Pontes (2016), o objetivo do *Just in Time* é suprimir qualquer função desnecessária ao sistema de produção que decorra em custos indiretos, não agregue valor para a empresa, iniba a produtividade ou agregue despesas inúteis.

O JIT aplica-se, principalmente, a processos de produção repetitivos em que os mesmos produtos e componentes unitários são produzidos repetitivamente (AL-TAHAT e MUKATTASH, 2006). Nesse sistema, nada é produzido antes da necessidade. Após a consolidação da venda de um item, o cliente “puxa” unidades a partir da última posição do sistema, que no caso seria a “montagem final” e, em seguida, é disparado um pedido para a linha de produção da fábrica, onde um colaborador puxa outra unidade de uma estação anterior no fluxo para substituir a unidade tomada. Essa estação anterior “puxa” da estação anterior posterior a ela, e assim por diante, até a distribuição dos insumos, conforme exemplifica a figura 04.

Figura 04 – Sistema “puxado”



Fonte: adaptado de (Davis, Aquilano e Chase, p. 407, 2001)

A principal meta do *Just in Time* é a melhoria da eficiência do fluxo de produção via eliminação dos desperdícios. Primeiramente, para eliminar desperdícios, devem ser verificadas as atividades que agregam valor e as atividades que não agregam valor. Essa classificação ocorre da seguinte forma:

- Atividades que agregam valor: são as atividades que modificam os insumos ou as informações em unidades que o cliente deseja, ou seja, esses clientes “pagam” por haver um retorno da atividade, pois a atividade possui valor;
- Atividades que não agregam valor, mas são necessárias: não podem ser eliminadas do fluxo. Consomem recursos úteis para o fluxo de produção.
- Atividades que não agregam valor: consomem recursos, tempo, esforço e espaço e não contribuem para atingir o que o cliente deseja. Podem ser eliminadas sem causar impactos negativos no fluxo.

No que tange a perdas ou desperdícios, Black (1998, p. 22) enuncia que a perda é qualquer recurso além do mínimo necessário de materiais, equipamentos, mão de obra (horas produtivas), dentre outros que sejam essenciais para a produção. Assim, visando a eliminação dos desperdícios são listadas as sete perdas que devem ser combatidas:

- Perdas por superprodução: produzir mais do que a demanda necessitada pelo próximo passo é a perda mais nociva, segundo o Sistema Toyota de Produção, uma vez que possui a característica de encobrir as demais, como as perdas por produtos defeituosos, as perdas decorrentes da espera e as perdas do processo e do lote. Deve-se fazer somente o necessário, ou seja, aquilo que o cliente solicitou.

De acordo com Shingo (1996), são destacados dois tipos de superprodução, sendo elas: a quantitativa, que consiste em manufaturar mais do que o necessário e a antecipada, que ocorre quando o produto é feito antes do solicitado. Ainda segundo o autor, a eliminação da perda por superprodução é o principal objetivo do STP.

- Perdas por espera: tal perda remete ao material que aguarda ser processado, formando, assim, filas de espera. Em função da produção de grandes lotes, haverá uma maior quantidade dessas filas para o processamento do material nas operações subsequentes. Tendo em vista que os materiais são necessários em outras etapas do processo, acarretará um atraso de produção.

Segundo Shingo (1996), considera-se que existem dois tipos de perdas por espera: a do processo e a do lote. A espera no processo é presenciada quando um lote de produtos não processados aguarda a finalização do processo, inspeção ou transporte de outro lote. Já a espera no lote ocorre quando determinados itens são processados e os demais aguardam a finalização do processamento desses itens para, em seguida, serem processados.

- Perdas por transporte: a atividade de movimentação e transporte não agrega valor ao produto, sendo necessária devido, em muitos casos, ao arranjo físico fabril e a restrições do processo, impondo distâncias consideráveis de materiais durante o processo. Conforme cita Antunes (1995), faz-se necessário adotar dois tipos de ações para atacar as causas fundamentais da perda por transporte: promover melhoria do arranjo físico e aperfeiçoar a mecanização e a automatização dos trabalhos, difíceis de alcançar no curto e médio prazo.

- Perdas por processamento em si: as perdas por processamento dividem-se em superprocessamento e processamento incorreto, sendo comum quando não se gerencia corretamente os métodos utilizados no processo produtivo.

- Perdas nos estoques: as perdas por estoques são evidenciadas em excessos de matérias-primas, produtos em elaboração e produtos acabados, acarretando em altos custos de armazenagem, *lead time* mais longo, obsolescências e movimentações desnecessárias. Na filosofia do *Just in Time*, estoque é um dos principais alvos de eliminação.

- Perdas no movimento: movimentações desnecessárias não agregam valor ao cliente, causando desperdícios. Procurar, empilhar peças, ferramentas, longos deslocamentos são algumas das perdas por movimentação. São responsáveis para que o tempo não aproveitado, e o movimento que, sendo efetuado, não agregam valor ao produto sejam considerados desperdícios (SHINGO, 1996).

- Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: segundo Corrêa e Gianesi (1993), a manufatura de itens defeituosos resulta em desperdícios da disponibilidade de materiais, mão de obra, materiais, equipamentos e armazenagem, dentre outros, devendo ser eliminada.

Quando se fala em *Just in Time*, o conceito de *Takt Time* é lembrado. O *Takt Time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Ele possui o objetivo de alinhar com precisão o processo produtivo à demanda, definindo um “ritmo” de produção. Sua fórmula é dada por:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Operacional\ Líquido\ por\ período}{Necessidade\ do\ cliente\ por\ período} \quad (5)$$

A aplicação de ferramentas do *Just in Time* possibilita diversos ganhos para a organização, podendo ser lembrado, dentre eles, o aumento da capacidade produtiva do processo, tendo em vista a maior disponibilidade de mão de obra, máquina e equipamentos, ao diminuir ociosidade dos colaboradores, reduzir o tempo de máquinas paradas e eliminar movimentações desnecessárias.

2.3.3 Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Um dos pilares do Sistema Toyota de Produção é o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou TRF (Troca Rápida de Ferramentas). Seu principal objetivo é reduzir o tempo de preparação das máquinas e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade de produção, reduzindo o tempo de ciclo e incrementando a capacidade do processo produtivo.

A TRF foi desenvolvida em um período de 19 anos, como resultado de estudos detalhados de teoria e prática relacionados a melhorias no *setup*, sendo Shingo (2000) o instituidor do conceito. O autor pregava que os *setups* deveriam ser realizados em minutos simples, mais especificamente em menos de 10 minutos.

Em seus estudos para a Toyota, Shingo (2000) verificou a existência de dois tipos de *setup* diferentes, sendo eles: o *setup* interno, que era verificado quando a máquina se encontrava parada, sem operar, e o *setup* externo, que poderia ser realizado com a máquina em operação, sem comprometer o funcionamento da máquina e sem atrapalhar o processo produtivo. O autor verificou, ainda, em seus estudos, a possibilidade da conversão do *setup* interno em *setup* externo, com ganhos significativos para o processo produtivo.

Shingo (2000) esboçou os estágios para a Troca Rápida de Ferramentas, listados abaixo:

- I. Estágio inicial: as condições de *setup* interno e externo não se distinguem. No projeto de implantação da TRF, estuda-se detalhadamente as reais condições do chão de fábrica, propondo mudanças de *setup* interno em externo, o que não é visto em operações tradicionais. Nessas operações, os setups internos e externos são confundidos. Alguns métodos utilizados no estágio inicial são a análise contínua da produção, com cronometragem, estudo do tipo amostragem do trabalho, entrevistas com operadores para “mapear” o chão de fábrica e filmagem da operação de *setup*, com posterior transmissão para os operadores.
- II. Estágio 1: separar *setup* interno e externo. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o pilar para atingir a TRF. Tal etapa consiste, então em separar as atividades da preparação realizadas com a máquina parada e com a máquina operando.
- III. Estágio 2: converter *setup* interno em externo. Após identificadas e separadas as atividades do *setup* interno e externo, o passo seguinte é propor que as atividades realizadas com máquina parada sejam desempenhadas com a máquina em andamento. Reexaminar as operações com o intuito de verificar se alguma atividade foi, equivocadamente, dada como interna e encontrar meios para converter os passos para o *setup* externo são estratégias a serem seguidas, nesse estágio.
- IV. Estágio 3: racionalizar todos os aspectos da operação de *setup*. Nesse estágio, concentram-se esforços para a racionalização de cada atividade de *setup* interno e externo.

Continuando, Shingo (2000) propõe que para a efetiva aplicação da TRF, deve-se seguir três estágios, com as devidas técnicas a serem utilizadas em um dos estágios. A figura 05 faz a representação desses estágios, bem como das técnicas atreladas a cada um deles:

Figura 05 – Técnicas propostas para a TRF

| Estágios do TRF | Técnicas propostas pela TRF |
|--|--|
| Estágio 01: separar setup interno e externo | - Utilizar um <i>checklist</i> |
| | - Verificar as condições de funcionamento |
| | - Aperfeiçoar o transporte dos componentes |
| Estágio 02: converter <i>setup</i> interno em externo | - Preparar, antecipadamente, as condições operacionais |
| | - Padronizar as funções |
| | - Utilização de guias intermediários |
| Estágio 03: racionalizar todos os aspectos da operação de <i>setup</i> | - Mecanizar |
| | - Eliminar ajustes |
| | - Utilizar fixadores funcionais |
| | - Aplicar sistema de mínimo múltiplo comum |
| | - Implementar operações em paralelo |

Fonte: adaptado de Shingo (2000)

Ainda para alcançar a correta aplicação da TRF, Shingo (2000) lista alguns procedimentos essenciais:

- I. Procedimento 1: separar setup interno e externo. Nesse procedimento, são desmembradas as operações do *setup* realizadas com a máquina parada e com a máquina em operação, para que seja possível a conversão no procedimento adiante.
- II. Procedimento 2: converter *setup* interno em externo. Nesse procedimento, busca-se a conversão de atividades realizadas com a máquina parada em atividades executadas com a máquina operando.
- III. Procedimento 3: padronizar as funções. Em detrimento da padronização das formas, que apresenta perdas ao processo, é preciso padronizar os locais de encaixe. Exige-se uma análise das funções de cada peça do conjunto, substituindo o menor número de peças.
- IV. Procedimento 4: implantar o *One Touch Exchange of Die* (OTED). Realizar as operações de troca em apenas um toque, aplicando encaixes rápidos.

V. Procedimento 5: utilizar guias intermediárias. Em um processamento em massa, duas placas guias padronizadas podem ser manufaturadas. Enquanto a peça fixada em uma das placas está sendo manufaturada, a próxima peça é centrada e fixada na outra guia em um procedimento de *setup* externo.

VI. Procedimento 6: executar operações simultâneas. Nesse procedimento, indica-se o trabalho em paralelo, com mais de um operador, principalmente quando o *setup* é realizado em todo o perímetro da máquina.

VII. Procedimento 7: eliminar ajustes. Os ajustes e as corridas de teste, normalmente, são responsáveis por consumir 50% do tempo de *setup*. Os operadores devem realizar as atividades sem a necessidade de, constantemente, precisarem calibrar as ferramentas utilizadas no *setup*.

VIII. Procedimento 8: Mecanizar. Esse procedimento é utilizado após já realizada a tentativa de aplicação dos demais propostos. Não se deve pensar em mecanização como primeira tentativa. É proposto quando se faz necessário a utilização de objetos de grande tamanho e peso elevado.

Shingo (2000) lista alguns efeitos da TRF:

- Economia de tempo do *setup* e do processo produtivo como um todo;
- Produção sem estoque;
- Incremento da taxa de utilização das máquinas e de aumento da capacidade produtiva;
- Eliminação dos erros de *setup*;
- Qualidade aperfeiçoada;
- Maior flexibilidade;
- Maior segurança;
- Menores despesas e;
- Menor exigência de qualificação.

Infere-se, assim, que a redução do tempo de preparação das máquinas contribui para a diminuição do tempo de máquina parada e, em consequência, para um aumento da capacidade produtiva, tão importante para prover a disponibilidade dos produtos no tempo demandado.

2.3.4 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Kardec e Nascif (2001) ponderam que a TPM é um conceito japonês inovador, uma vez que sua origem está atrelada à Manutenção Preventiva, concebida nos Estados Unidos em 1951, e introduzida no Japão, mais especificamente na empresa Nippon Denso KK, integrante da Toyota.

Ainda conforme Kardec e Nascif (2001), a Nippon Denso KK foi a primeira organização a introduzir, fortemente, a Manutenção Preventiva em 1960. Em paralelo, a companhia introduziu a Manutenção Autônoma, realizada pelos próprios operadores. A junção da Manutenção Preventiva com a Manutenção Autônoma deu origem, nos anos 70, à Manutenção Produtiva Total.

Corrêa e Corrêa (2008) sustentam que, para a implantação da TPM, faz-se necessário o máximo aproveitamento das pessoas, dos equipamentos e total organização, ou seja, participação total de todos da organização, com o objetivo de máxima geração de resultados com o menor custo possível.

A implantação da Manutenção Produtiva Total ocorre apoiada em 08 pilares:

Melhoria específica: está relacionada ao indicador OEE, já abordado anteriormente. Traz como objetivos a interação de processos, como qualidade, produção e manutenção, visando a implantação de melhorias no desempenho e na produtividade;

I. Manutenção autônoma: visa a capacitação da mão de obra operária para o emprego de algumas técnicas de manutenção. Algumas técnicas são: ajustes e regulagens nas máquinas, lubrificação, limpeza e organização da ferramentaria;

II. Manutenção planejada: é suportada por dois tipos de manutenção: a preventiva e a preditiva. Possui o objetivo de evitar paradas não previsíveis;

III. Treinamento: capacitação de todos os operadores para identificar possíveis riscos de quebra e evitar desperdícios;

IV. Controle inicial: analisar os produtos preventivamente, com vistas a propor estratégias que busquem uma maior facilidade de produção e operação.

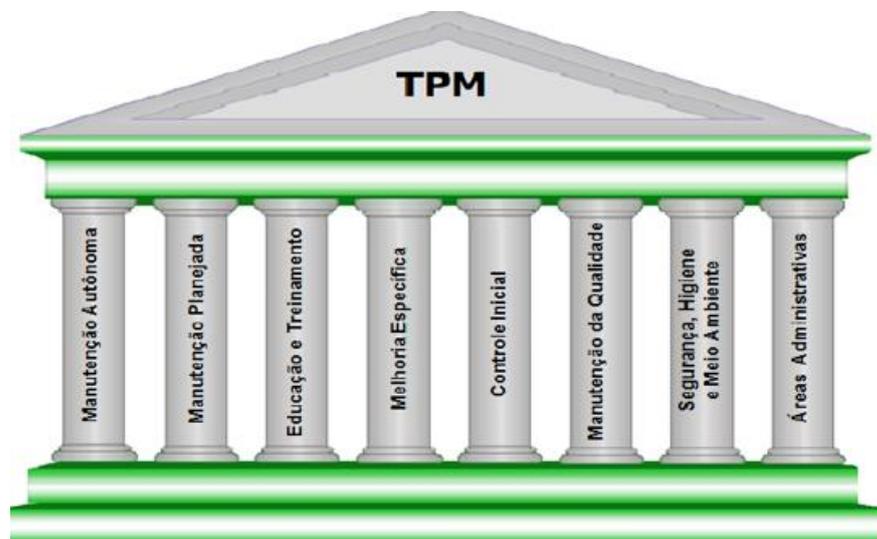
V. Manutenção da qualidade: impedir a manufatura de produtos defeituosos. Alcançada pela introdução de dispositivos a prova de erros ou *Poka Yoke* e pelas cartas de controle.

VI. TPM administrativo: aumentar o desempenho dos processos pela introdução de práticas como 5S e *Lean Office*. Visa o combate aos desperdícios no setor administrativo;

VII. Segurança, saúde e meio ambiente: evitar a ocorrência de acidentes.

A figura 06 ilustra os oito pilares da TPM.

Figura 06 – Oito pilares da TPM



Fonte: (IM&C Internacional; p. 142, 2006)

O quadro 01 exemplifica a implantação do TPM, dividida em doze etapas.

Quadro 01 – Fases da implantação do TPM em uma organização

| FASE | ETAPA | ELEMENTOS BÁSICOS |
|--------------|---------------------------------------|--|
| Preparação | 1 - Decisão estratégica (diretoria) | Comprometimento da alta administração |
| | 2 - Treinamento inicial | Cursos e palestras para todos os envolvidos |
| | 3 - Estrutura organizacional do TPM | Formação de comitês e grupos |
| | 4 - Estabelecer diretrizes | Estabelecer metas e indicadores |
| | 5 - Plano diretor | Planejar a implantação |
| Introdução | 6 - Partida do TPM | Comunicar, formalmente, as diretrizes |
| Implantação | 7 - Estruturação dos pilares do TPM | Máxima eficiência dos equipamentos já existentes |
| | 7.1 - Melhoria específica | Eliminar desperdícios por meio de grupos multifuncionais |
| | 7.2 - Manutenção autônoma | Aumentar a capacitação dos operadores |
| | 7.3 - Manutenção planejada | Quebra zero; confiabilidade |
| | 7.4 - Educação e treinamento | Elevar os níveis de conhecimento; Reeducação dos operadores |
| | 8 - Controle inicial | Minimizar a ineficiência em novos produtos e processos |
| | 9 - Manutenção da qualidade | Eliminar os defeitos nos produtos |
| Consolidação | 10 - TPM no administrativo | 5S, dispositivos <i>Poka Yoke</i> ; Melhorar a eficiência do setor |
| | 11 - Segurança, saúde e meio ambiente | Zero acidentes e zero poluição |
| | 12 - Aprimoramento | Corrigir desvios Novas metas |

Fonte: adaptado do curso “O facilitador e o TPM, *Loss Prevention Consulting & Training*”, 2004.

Desse modo, infere-se que a implantação do TPM em uma companhia é de fundamental importância para reduzir tempos de paradas na produção por quebras de máquinas. Atingindo a quebra zero, há um impacto positivo na disponibilidade das máquinas e, conseqüentemente, na capacidade produtiva.

2.3.5 Estudo de tempos e métodos

O estudo de tempos e métodos deve ser encarado como uma ferramenta que auxilia no acompanhamento da produtividade e desempenho dos colaboradores envolvidos no sistema de produção.

Razmi e Shakhs-Niykee (2008) caracterizam o estudo de tempos e métodos como um procedimento para aumento do desempenho ao propor padrões de tempos e verificar os movimentos que agregam ou não agregam valor às atividades realizadas, relacionando padrões de tempo predeterminados ou amostragem de trabalho para esses movimentos. Complementando, Barnes (1977) *apud* Tardin *et. al.* (2013) ressalta que o estudo de tempos e métodos elimina qualquer elemento desnecessário e determina o melhor método para executar uma atividade.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009), o estudo de tempos trata da aplicação de procedimentos estabelecidos para determinar o tempo necessário que um operador qualificado realiza uma tarefa em um nível determinado de desempenho. Denomina-se, então, tempo padrão da operação.

Em paralelo ao estudo de tempos, surgiu o estudo de movimentos. Frank B. Gilbreth (1868-1924), auxiliado por sua esposa, Lilian M. Gilbreth, desenvolveu o estudo de micromovimentos. Eles identificaram que qualquer tarefa pode ser dividida em movimentos básicos, entre eles: procurar, escolher, pegar, transportar vazio, transportar cheio, pré-posicionar, posicionar, unir, separar, esperar, repousar e planejar. Barnes (1977) pontua que a simplificação de uma operação visa eliminar, combinar e rearranjar a sequência de movimentos úteis de acordo com o objetivo de tornar a tarefa mais simples de ser exercida.

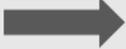
Souto (2004) reitera que a engenharia de métodos estuda e analisa o trabalho de maneira sistemática, desenvolvendo métodos práticos e eficientes que visam a padronização dos processos. O objetivo dos estudos de métodos é registrar,

analisar e auxiliar a busca pela maior eficiência nos processos, sendo possível a aplicação em qualquer companhia.

Alguns recursos utilizados no estudo de métodos são: gráfico do fluxo do processo e gráfico homem-máquina. Tais ferramentas possuem o objetivo de identificar, graficamente, as etapas do processo, com o objetivo de se familiarizar com o processo global de funcionamento.

Primeiramente, o gráfico de fluxo do processo possui as simbologias abordadas no quadro 02.

Quadro 02 – Simbologia do fluxo de processos com descrição e exemplo

| Símbolo | Descrição | Exemplo |
|---|---|---|
|  | Operação: ocorre quando se modifica um objeto em suas características físicas ou químicas | Parafusar algo, martelar um prego, misturar, ligar, operar uma máquina, preencher um formulário, etc. |
|  | Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é transportado de um local para outro | Transportar, manualmente ou com o auxílio de um carrinho algum objeto, levar a carga de um caminhão, levar documento de um setor para outro, etc. |
|  | Espera ou demora: aguardo de processamento ou encaminhamento | Esperar pelo transporte, estoque em processo aguardando material, etc. |
|  | Inspeção: quando um objeto ou matéria-prima é examinado, de acordo com parâmetros de conformidade, quantidade, especificações, etc. | Medir dimensões do produtos, conferir quantidade de material, conferir carga, verificar pressão ou torque de parafuso, etc. |
|  | Armazenagem: acontece quando um objeto ou matéria-prima é mantido em um uma área, como estoque | Manter produtos acabados, produtos em processamento e matérias-primas em Almoarifado, documentos arquivados, arquivos em sistema, etc. |

Fonte: adaptado de Peinaldo e Graeml (2007)

Em seguida, a sequência de atividades do processo produtivo é descrita e, assim, cada atividade é associada a um símbolo, de acordo com suas características. Busca-se, então, reduzir ao máximo as atividades como “espera” e “armazenagem”, além de outras atividades que não agregam valor ao processo como um todo, ou seja, tudo aquilo que o cliente não está disposto a “pagar” e a empresa deve eliminar.

Como segunda ferramenta para o estudo de movimentos, aplica-se o gráfico Homem-Máquina. Conforme aborda Moreira (2009), o diagrama homem-máquina é um gráfico que envolve um ou mais operadores, trabalhando em uma ou mais máquinas. Então, por meio desse gráfico, representa-se, graficamente, as partes e etapas do processo, entendendo seu processo global de funcionamento. O quadro 03 representa um exemplo de como o gráfico Homem-Máquina é elaborado.

Quadro 03 – Exemplificação de um gráfico homem-máquina

| Homem | | Tempo (s) | Máquina | | Tempo (s) |
|--------------|------|-----------|--------------|-------------|-----------|
| Operador | | | Máquina X | | |
| Atividade 01 | 02 s | | Atividade 01 | 05 s | |
| Atividade 02 | 03 s | | Atividade 02 | 10 s | |
| Legenda: | | | Em Espera | Em Trabalho | |

Fonte: adaptado de Martins e Laugeni (2005)

O tempo padrão pode ser calculado por meio da técnica cronoanálise. Barnes (1977) lista os passos para realizar essa atividade com perfeição: obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo; dividir a operação em elementos; observar e registrar o tempo gasto pelo operador; determinar o número de ciclos a serem cronometrados; avaliar o ritmo do operador; determinar as tolerâncias e; determinar o tempo padrão da operação. Segue a descrição de cada passo:

- Passo 01: Obtenção e registro de informações sobre a operação: nesse passo, escolhe-se a operação que terá o tempo padrão medido, coletam-se todas as informações possíveis sobre o processo, por meio de entrevistas, vídeos, dentre outros meios e, por fim, registram-se essas informações em um documento;
- Passo 02: Divisão da operação em elementos: descreve-se o processo como elementos. Cada atividade ou ação é considerada um elemento;
- Passo 03: Observação e registro do tempo gasto pelo operador: após a divisão da operação em elementos, observa-se e registra-se o tempo gasto pelo operador em cada um desses elementos. A tabela 01 exemplifica como esse passo pode ser realizado;

Tabela 01 – Observação e registro do tempo gasto pelo operador

| Nº do elemento | Medições (segundos) | Tempo máximo | Tempo médio | Tempo mínimo |
|----------------|---------------------|--------------|-------------|--------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| Total | | | | |

Fonte: adaptado de Barnes (1977)

- Passo 04: Determinação do número de ciclos a serem cronometrados: nessa etapa, lista-se o total de tempo de cada uma das observações, que servem como base para o cálculo da determinação do número de ciclos a serem cronometrados. Estabelece-se, também, o nível de confiança e o erro relativo. A tabela 02 exemplifica esse passo;

Tabela 02 – Total de tempo de cada uma das observações

| Observação | Leituras individuais em segundos (X) | Quadrado das leituras individuais (X ²) |
|--------------|--------------------------------------|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| Total | ΣX | ΣX^2 |

Fonte: adaptado de Barnes (1977)

- Passo 05: Avaliação do ritmo do operador: nessa fase, é necessário julgar a velocidade do operador. Barnes (1977) caracteriza a avaliação do ritmo como sendo o processo no qual se compara o ritmo do operador com o próprio conceito de ritmo normal. Assim, para encontrar-se o tempo normal e o ritmo do operador, foi utilizado o Sistema *Westinghouse*. Tal sistema leva em consideração quatro fatores, sendo eles (a) habilidade, (b) esforço, (c) condições e (d) consistência dos movimentos. A tabela 03 quantifica cada uma das variáveis;

Tabela 03 – Variáveis do sistema *Westinghouse*

| Habilidade | | | Esforço | | |
|------------|----|-------------|--------------|----|-------------|
| +0,15 | A1 | Super-hábil | +0,13 | A1 | Super-hábil |
| +0,13 | A2 | | +0,12 | A2 | |
| +0,11 | B1 | Excelente | +0,10 | B1 | Excelente |
| +0,08 | B2 | | +0,08 | B2 | |
| +0,06 | C1 | Bom | +0,05 | C1 | Bom |
| +0,03 | C2 | | +0,02 | C2 | |
| 0,00 | D | Médio | 0,00 | D | Médio |
| -0,05 | E1 | Regular | -0,04 | E1 | Regular |
| -0,10 | E2 | | -0,08 | E2 | |
| -0,16 | F1 | Fraco | -0,12 | F1 | Fraco |
| -0,22 | F2 | | -0,17 | F2 | |
| Condições | | | Consistência | | |
| +0,06 | A | Ideal | +0,04 | A | Perfeita |
| +0,04 | B | Excelente | +0,03 | B | Excelente |
| +0,02 | C | Boa | +0,01 | C | Boa |
| 0,00 | D | Média | 0,00 | D | Média |
| -0,03 | E | Regular | -0,02 | E | Regular |
| -0,07 | F | Fraca | -0,04 | F | Fraca |

Fonte: Barnes (1977)

Após achar o fator de avaliação, utiliza-se a fórmula 6 para encontrar o Tempo Normal.

$$TN = TS \times TF \quad (6)$$

Onde:

TN = Tempo Normal

TS = Tempo Selecionado ou Tempo Médio das cronometragens

TF = Fator de Avaliação

- Passo 06: Determinação das tolerâncias: o tempo normal não pode ser considerado o tempo padrão, uma vez que deve haver uma tolerância para uma operação, como interrupções, descanso, esperas, necessidades pessoais, dentre outras. Martins e Laugeni (2005) lista dois tipos de tolerâncias. Uma delas é a tolerância para atendimento de necessidades especiais, que segundo o autor varia entre 10 min e 25 min em um período de oito horas de trabalho, o que representa, aproximadamente, 5% do tempo. Já a outra é a tolerância de fadiga, que para um trabalho leve em um bom ambiente, com boa iluminação e boas condições de trabalho, pode ser considerada como, aproximadamente, 5%. Assim, a tabela 04 define as porcentagens para cada tolerância;

Tabela 04 – Porcentagem das tolerâncias

| | |
|----------------|------------|
| Pessoal | 5% |
| Fadiga | 5% |
| Total | 10% |

Fonte: adaptado de Martins e Laugeni (2005)

Multiplica-se, então, o tempo médio da operação pela porcentagem da tolerância utilizada. Feito isso, deve-se encontrar o tempo de intervalo dado ao operador devido a necessidades especiais e a fadiga, conforme a fórmula 7.

$$p = \frac{[(TN \times Tol1) + (TN \times Tol2)]}{TN} \quad (7)$$

Onde:

TN = Tempo Normal;

Tol1 = Tolerância relacionada ao atendimento de necessidades especiais;

Tol2 = Tolerância relacionada à fadiga.

Para finalizar, se calcula o fator de tolerância, dado pela fórmula 8.

$$FT = \frac{1}{1 - p} \quad (8)$$

Onde:

FT = Fator de Tolerância;

p = Tempo de intervalo.

Após encontrado o fator de tolerância, é possível a escolha do tempo padrão da operação escolhida.

- Passo 07: Determinação do tempo padrão da operação: após o cálculo do tempo normal e do fator de tolerância, é possível calcular o tempo padrão da operação, conforme a fórmula 9.

$$TP = TN \times FT \quad (9)$$

Onde:

TP = Tempo Padrão;

TN = Tempo Normal;

FT = Fator de Tolerância.

Sendo assim, o tempo padrão, segundo Martins e Laugeni (2005) é a quantidade de tempo para desenvolver uma unidade de trabalho, com determinadas condições de serviços, por um trabalhador com certa habilidade na atividade realizada, utilizando, dentro do período de tempo, seu esforço físico para desenvolver o trabalho sem efeitos prejudiciais.

Ainda segundo Martins e Laugeni (2005), os tempos padrões surgiram para determinar a performance de uma determinada célula de produção, podendo servir como referência futura para avaliação do processo atual.

Como última ferramenta para a elaboração de um bom estudo de tempos e métodos, cita-se o diagrama da mão direita-mão esquerda. Pode-se utilizar nessa ferramenta a mesma simbologia utilizada no gráfico de fluxo de processo. Cada movimento é identificado como “operação”, “transporte”, “espera”, “inspeção” ou “armazenagem”. Após a identificação, busca-se reduzir ao máximo as atividades de espera e transformá-las em atividades de operação. O quadro 04 retrata um exemplo de um gráfico da mão direita-mão esquerda.

Quadro 04 – Gráfico da mão direita-mão esquerda

| Processo produtivo | | | | |
|--------------------|----------|--|----------|--------------|
| Mão esquerda | Operação | | Operação | Mão direita |
| Movimento 01 | ○⇒□▷◇▽ | | ○⇒□▷◇▽ | Movimento 01 |
| Movimento 02 | ○⇒□▷◇▽ | | ○⇒□▷◇▽ | Movimento 02 |
| Movimento 03 | ○⇒□▷◇▽ | | ○⇒□▷◇▽ | Movimento 03 |
| Movimento 04 | ○⇒□▷◇▽ | | ○⇒□▷◇▽ | Movimento 04 |
| Movimento 05 | ○⇒□▷◇▽ | | ○⇒□▷◇▽ | Movimento 05 |

Fonte: elaborado pelo autor

Então, o estudo de tempos e métodos, juntamente com outras ferramentas e técnicas, é uma alternativa de grande valia para o aumento da capacidade produtiva, visto que seu objetivo é a redução de desperdícios no processo produtivo, estudando as atividades e eliminando as que não agregam valor. Assim, há um aumento de produtividade.

2.3.6 Estudo do arranjo físico

Segundo Stevenson (2001), o arranjo físico é a configuração de departamentos, de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, com ênfase especial na movimentação otimizada. Assim, definir o tipo de arranjo físico é escolher a disposição de máquinas, equipamentos e pessoas, de acordo com a estratégia de produção da organização.

Segundo Saraiva Júnior (2017), o tipo de arranjo físico a ser utilizado em uma organização depende de fatores como: estratégia de produção, objetivos de desempenho priorizados pela organização, posicionamento no mercado, dentre outros.

Um planejamento de arranjo físico mal feito pode afetar a capacidade produtiva, produtividade da operação e, conseqüentemente, a competitividade da empresa no mercado.

2.3.6.1 Tipos de arranjo físico

Os diversos arranjos físicos são divididos em: posicional, por processo ou funcional, celular e em linha ou por produto. Além disso, ressalta-se que pode haver uma mescla entre dois arranjos diferentes, caracterizando o arranjo físico misto.

Conforme Saraiva Júnior (2017), a sistemática de funcionamento do arranjo físico posicional ou por projeto consiste em mover os recursos transformadores em direção aos recursos a serem transformados, que permanecem fixos. Um grande exemplo de produto manufaturado em um arranjo posicional é o avião. Algumas vantagens são grande flexibilidade do *mix* de produtos e alta variabilidade de tarefas para os colaboradores. Já em relação às desvantagens, são listadas: alto custo unitário e muita movimentação de recursos transformadores, como mão de obra, materiais e equipamentos.

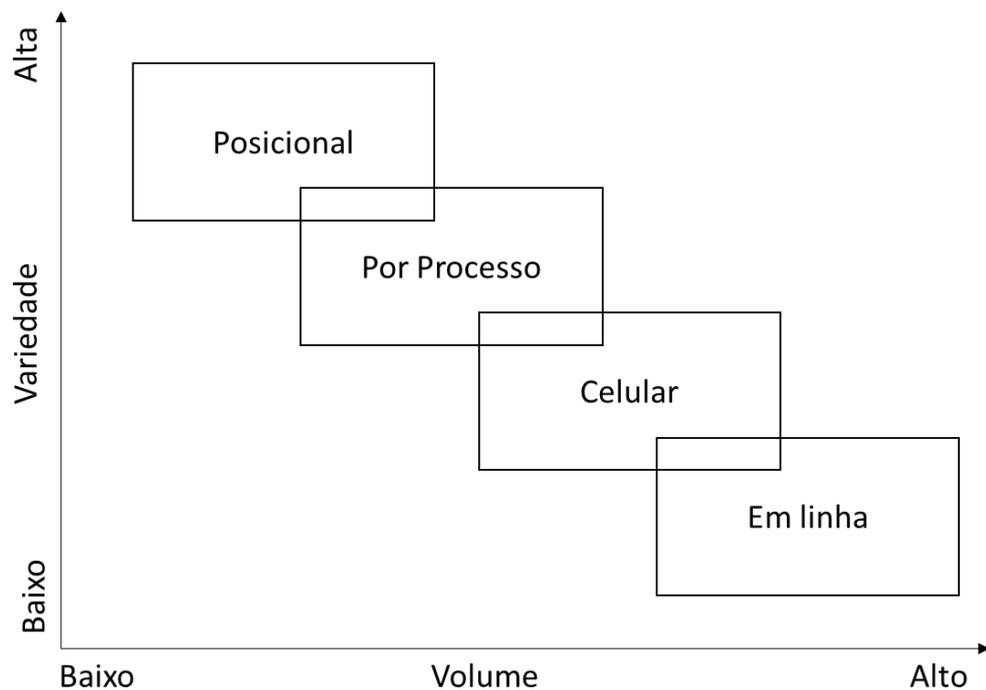
Ainda para Saraiva Júnior (2017), o segundo tipo de arranjo físico a ser ressaltado é o arranjo por processo, que se caracteriza pela movimentação para uma parte específica do recurso transformado para onde se encontra o recurso transformador. Assim como no arranjo físico posicional, há uma alta flexibilidade do *mix* de produtos, além de facilitar a supervisão dos equipamentos e instalações. Em relação às desvantagens, citam-se, dentre outras, alto estoque em processamento e dificuldade em gerenciar um fluxo complexo.

Continuando, Saraiva Júnior (2017) conceitua o terceiro tipo de arranjo físico, o arranjo celular, como o seguinte: consiste em um conjunto de grupos independentes de máquinas e estações de trabalho com diversas funções, denominadas células de fabricação, com espaços entre essas células para transporte de material. Vale ressaltar que cada célula se dedica à fabricação de uma família específica de produtos. Ao final do processo, ocorre a montagem final dos produtos, utilizando todos os componentes manufaturados pelas células de fabricação.

O quarto e último arranjo é o arranjo físico em linha, Saraiva Júnior (2017) explica da seguinte maneira: caracteriza-se por distribuir os recursos produtivos transformadores, segundo a melhor conveniência do recurso a ser transformado. Como vantagens, têm-se que os postos de trabalho são dispostos de forma linear, com maior facilidade de medição de produtividade e menores lead time de produção. Como desvantagem, cita-se a baixa flexibilidade proporcionada pelo arranjo.

Os tipos de arranjo, conforme volume e variedade são relacionados na figura 07.

Figura 07 – Matriz volume-variedade



Fonte: adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002)

Já as vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de arranjos são resumidas no quadro 05.

Quadro 05 – Vantagens e desvantagens de cada arranjo físico

| Arranjo físico | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------|---|--|
| Posicional | Produto ou cliente não movido ou perturbado, alta flexibilidade | Grande movimentação de equipamentos e mão de obra |
| Processo | Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil | Em fluxos complexos, torna-se difícil a supervisão |
| Celular | Compromisso do operador com o resultado | Subutilização de recursos |
| Linha | Especialização de equipamentos | Vulnerável a interrupções |

Fonte: adaptado de Corrêa e Corrêa (2008) e Slack; Chambers e Johnston (2002)

A definição do arranjo ideal para cada organização é complexa e depende de várias variáveis, estando em sintonia com a estratégia de produção utilizada. Tal decisão deve ser precisa, uma vez que a mudança de arranjo acarreta altos custos e difícil execução e adaptação.

2.3.6.2 Planejamento Sistemático de *Layout*

Algumas ferramentas auxiliam no rearranjo dos recursos transformadores em um processo produtivo considerado gargalo ao processo global, de forma a tornar mais eficiente o fluxo. Dentre elas, uma que possui grande destaque e comprovadamente eficiente, é o sistema SLP (*Systematic Layout Planning* – Planejamento Sistemático de *Layout*), elaborado por Muther (1978). Conforme aborda Muther (1978), para a correta implantação, o sistema deve seguir um passo a passo, seguindo procedimentos e convenções para avaliar e visualizar os elementos e áreas envolvidos no processo produtivo, propondo, em seguida, mudanças. Esse passo a passo é dado da seguinte maneira, conforme Muther (1978) *apud* Santos, Gohr e Laitano (2012):

- Fase I: Localização

Nessa fase, a área geográfica a ser utilizada deve ser determinada para o planejamento das instalações do novo *layout*.

- Fase II: Arranjo físico geral

Na segunda fase, a organização geral entre as diversas áreas é representada. São definidos os fluxos e as inter-relações entre essas áreas, resultando em um arranjo de blocos (*block layout*).

- Fase III: Arranjo físico detalhado

Na terceira fase, estabelece-se a localização relativa das máquinas e equipamentos, bem como toda a infraestrutura necessária para a produção do produto.

- Fase IV: Implantação

Na última fase, procura-se executar o que foi planejado anteriormente. Então, faz-se, nessa fase, o rearranjo de maquinário, equipamentos e recursos para a instalação da apresentação.

- Fase V: Rearranjo dos setores no espaço disponível e avaliação

Na última fase, decide-se qual arranjo utilizar, de acordo com o que foi realizado na etapa anterior. Dentre os diversos arranjos propostos, devem ser aplicados diversos critérios para comparar as proposições e selecionar a que mais trará benefícios operacionais.

Ainda conforme Muther (1978) *apud* Santos, Gohr e Laitano (2012) as fases se inter-relacionam, de forma que as saídas da fase anterior sirvam de entrada para as entradas da fase seguinte. O modelo de procedimentos do SLP indica que o projeto de um *layout* deve estar apoiado em três conceitos fundamentais (MUTHER, 1978):

- a) Inter-relações: grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
- b) Espaço: quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;
- c) Ajuste: arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Relacionados a esses conceitos, o modelo SLP, para Muther (1978) é formado pelos seguintes elementos:

- Dados de entrada: variáveis que são levadas em consideração antes do início da análise do arranjo. Outros dados de entrada, que não sejam atividades do processo, são representados pelas letras PQRST, que se referem a produto (P), quantidade ou volume de produção (Q), roteiro ou sequência do processo de produção (R), serviços de suporte (S) e tempos envolvidos na produção (T).

- Fluxo de materiais: devem-se identificar os fluxos por meio das áreas envolvidas, conforme a sequência e a intensidade do deslocamento do material. Para auxiliar na determinação dos fluxos, pode ser utilizado um mapofluxograma, que conforme aborda Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), é uma técnica visual utilizada por Engenheiros de Produção para analisar sistemas produtivos, sendo possível identificar oportunidades de melhoria nos processos, garantindo uma maior eficiência. Mapofluxograma é a representação da sequência de movimentação de materiais, operadores e equipamentos, ou seja, dos recursos transformadores, dentro de um arranjo físico, sendo possível obter uma visão completa e substancial para um processo produtivo. Assim, garante-se o correto processamento e segurança na execução das operações (Barnes, 1977). De acordo com a intensidade de fluxos entre os setores, pode-se estabelecer a relação de prioridades entre eles;

- Inter-relações de atividades: configura-se como uma análise qualitativa, que visa identificar a importância da proximidade relativa entre as áreas envolvidas. Uma ferramenta utilizada nessa etapa é a carta de interligações preferenciais;

- Diagrama de inter-relações: ferramenta que visa integrar o mapeamento do fluxo de materiais com a avaliação das interligações preferenciais. Pode se utilizar a carta de relações, nesta etapa, que consiste em uma atribuição de valores entre as

relações de setores para a determinação de prioridades. A tabela 05 enumera cada variável, enquanto a figura 08 exemplifica uma carta de relações, indicando área, processo analisado e prioridades entre os processos;

Tabela 05 – Prioridades de proximidade

| Classificação | Descrição | Valor |
|---------------|--------------------------------------|-------|
| A | Proximidade Absolutamente importante | 4 |
| E | Proximidade Especialmente importante | 3 |
| I | Proximidade Importante | 2 |
| O | Proximidade Pouco Importante | 1 |
| U | Proximidade Não Importante | 0 |
| X | Proximidade Indesejável | -1 |

Fonte: adaptado de Muther (1978)

Figura 08 – Carta de relações entre processos

| Área (em m ²) | Processo | |
|---------------------------|----------------|---------|
| 15*15 | 1 – Processo A | |
| 15*15 | 2 – Processo B | A |
| Escolhido para iniciar | 3 – Processo C | E A O E |
| 80*10 | 4 – Processo D | I U I |
| 40*10 | 5 – Processo E | X E |

Fonte: adaptado de Saraiva Júnior (2017)

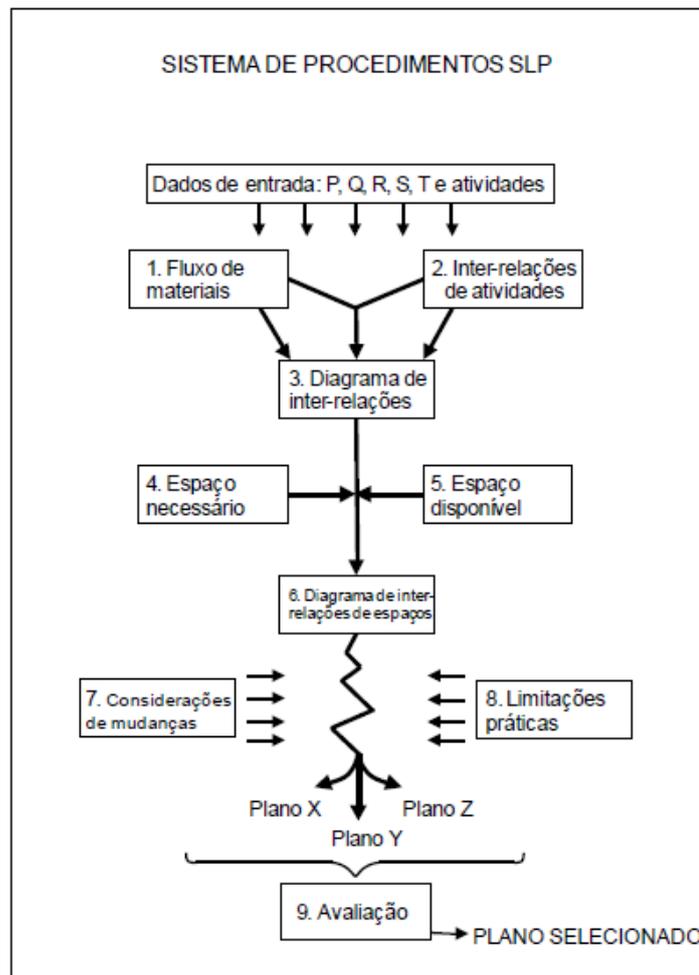
- Espaço necessário: determinação do espaço requerido para a alocação de máquinas e equipamentos;
- Espaço disponível: análise do espaço disponível para a instalação de máquinas e equipamentos;
- Diagrama de inter-relações de espaços: esse diagrama é aplicado com o intuito de gerar um arranjo físico prévio;
- Considerações de mudanças: após análises, ocorrem os ajustes necessários, levando-se em consideração motivos relacionados a processos, métodos de movimentação de materiais, necessidade de pessoal, dentre outros;

- Limitações práticas: deve-se levar em consideração as limitações práticas relacionadas a custos, restrições técnicas, segurança, perdas de produção, dentre outras, para ajudar na análise do rearranjo do espaço físico;

- Avaliação de alternativas: a última etapa consiste em avaliar as diversas alternativas e escolher a mais viável, considerando benefícios e avaliações.

Muther (1978) *apud* Santos, Gohr e Laitano (2012) mostra o passo a passo dos procedimentos para a aplicação do método SLP, conforme a figura 09.

Figura 09 – Procedimentos do SLP



Fonte: Muther (1978) *apud* Santos, Gohr e Laitano (2012)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização da empresa

A empresa na qual foi realizado o estudo de caso está sediada no estado do Ceará e foi fundada em 2015 por um grupo Chinês, líder mundial em desenvolvimento e fabricação de medidores para medição de energia elétrica. O portfólio da empresa abrange medidores monofásicos e polifásicos, divididos em bifásicos e trifásicos. A demanda mundial do grupo Chinês é de, aproximadamente, 16 milhões de medidores de energia elétrica. Essa demanda tende a migrar fortemente, nos próximos anos, para os medidores inteligentes ou *smart meters*, utilizados nas redes elétricas inteligentes ou *smart grid's*.

O Grupo Chinês possui escritórios administrativos no Peru, Holanda, África do Sul e Bangladesh, Argentina, Hong Kong, Indonésia, Nigéria e Senegal. Além disso, possui fábricas na China, Indonésia, Tunísia, Paquistão, Quênia, Irã, África do Sul e Brasil, quando fundou, a companhia deste trabalho. Atualmente, a empresa do estudo de caso é a grande referência no mercado de medidores de energia elétrica no Brasil, com um *market share* de, aproximadamente, 60% e uma capacidade de produção que oscila entre 200.000 e 300.000 medidores por mês.

A organização investe muito em Pesquisa e Desenvolvimento. Profissionais asiáticos apoiam a disseminação das tecnologias e conhecimentos e, atualmente, o *mix* de produtos da empresa está distribuído entre medidores residenciais, comerciais e industriais, além dos *smart meters*, medidores inteligentes utilizados em *smart grid's*, que são redes elétricas inteligentes, consideradas o futuro da distribuição de energia elétrica mundial.

Visto que a crescente competitividade no mercado de medição de energia elétrica nos últimos anos ameaça a sua atual liderança mercadológica e, sabendo da grande flexibilidade que uma companhia desse ramo deve possuir pela ampla gama de produtos, a empresa estudada optou por otimizar o fluxo de produção com a implantação de boas práticas do Sistema Toyota de Produção, em conjunto com outras ferramentas e técnicas, para atender à demanda solicitada pelos clientes. Assim, uma das etapas de implantação dessas boas práticas foi o estudo para a proposição do aumento da capacidade de produção do setor de injeção plástica,

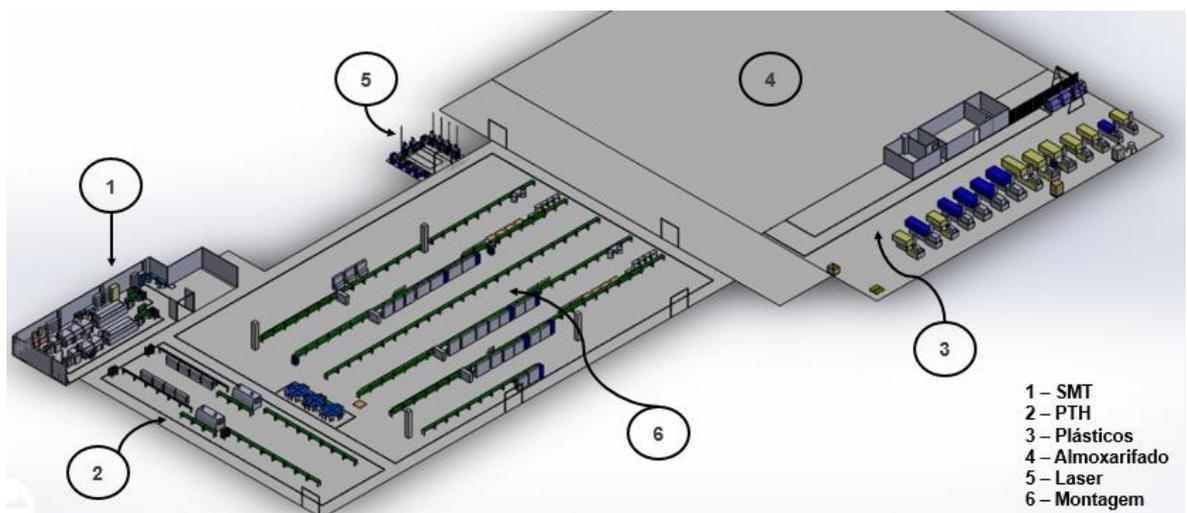
garantindo a disponibilidade das peças plásticas para o processo cliente, o setor de montagem e o setor laser.

Dessa maneira, o presente estudo foi realizado no setor de fabricação de peças plásticas utilizadas nos medidores de energia elétrica, responsável, dentre outras diversas peças, pela produção de: base plástica, placa de identificação plástica, tampa plástica, bloco dos terminais de corrente, tampa do bloco dos terminais de corrente, obstrutor de fase, suporte antirruído, suporte plástico lateral e fixador.

3.1.1. Caracterização do processo produtivo da empresa

A indústria estudada recebe todos os materiais utilizados na fabricação dos medidores de energia elétrica de sua *holding* chinesa, sendo terceirizado apenas materiais de embalagem. O *layout* fabril é misto, pois quando se analisa a operação de toda a fábrica, pode ser considerado como funcional. Já quando se analisa cada setor separadamente, o arranjo físico é caracterizado como linear. Todos os produtos, apesar da grande variabilidade de modelos, seguem o mesmo fluxo de produção, sendo ele representado pelos próximos tópicos. A figura 10 representa o arranjo físico de toda a fábrica.

Figura 10 – Representação do ambiente fabril da empresa estudada



Fonte: elaborado pelo autor

3.1.1.1 Setor PCI

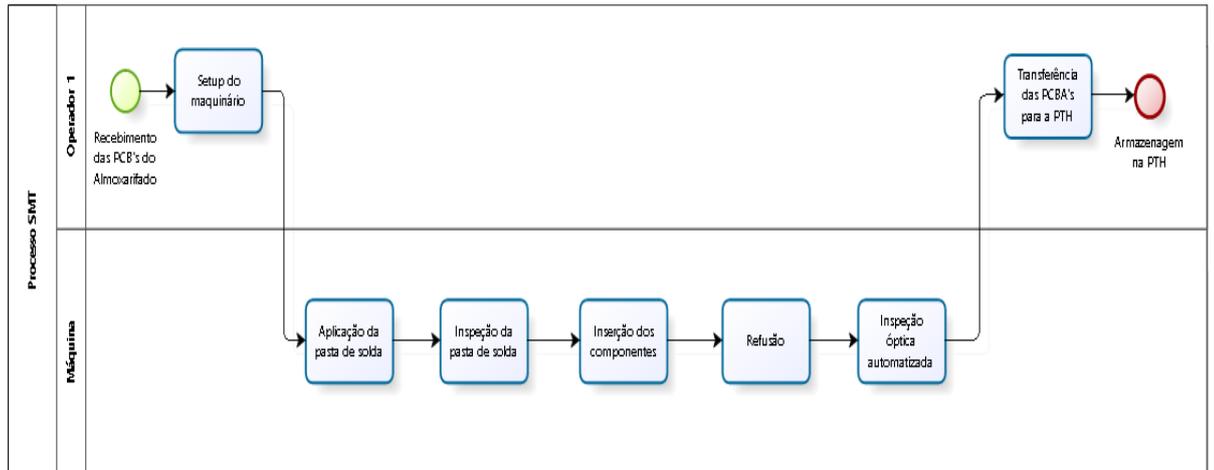
O setor PCI, responsável pela manufatura das placas eletrônicas, se divide em dois processos, sendo eles: processo SMT, sigla que do inglês quer dizer *Surface*

Mount Technology e processo PTH, remetendo a *Pin Through Hole*. O *layout* do setor é linear e a capacidade de produção varia de acordo com o produto solicitado, conforme as especificações requisitadas pelos clientes para a placa eletrônica. Tal setor possui etapas automatizadas e etapas manuais e segue a programação da produção fornecida pelo setor de Planejamento e Controle da Produção.

- Processo SMT: o processo SMT que, traduzindo para o português significa “Tecnologia de Montagem em Superfície”, é semiautomático e é responsável pela montagem dos componentes eletrônicos microscópicos na superfície da PCB, uma placa eletrônica “virgem”. Nessa tecnologia, são utilizadas máquinas que inserem os componentes na PCB durante todo o processo de produção, desde a aplicação da pasta de solda à montagem dos componentes e fusão dos mesmos com essa pasta. Os componentes, em sua maioria, são muito pequenos, sensíveis e necessitam grande precisão de montagem.

Tal processo, como já citado anteriormente, é semiautomático, com o operador realizando apenas o *setup* das máquinas de acordo com as características das placas eletrônicas a serem produzidas. Isso faz com que as falhas por interferência humana sejam reduzidas exponencialmente, além de se tornar mais fácil o reparo de erros e a redução de perdas de matéria-prima. Desse modo, dentre outros benefícios, o processo SMT aperfeiçoa a soldagem, diminui o *lead time* de fabricação e aumenta a precisão, com a possibilidade de produção de placas cada vez menores. Esse processo é responsável por fornecer insumos ao processo seguinte, denominado PTH ou “*Pin Through Hole*”. A figura 11 relaciona o processo de produção em SMT das placas eletrônicas.

Figura 11 – Fluxograma do processo SMT



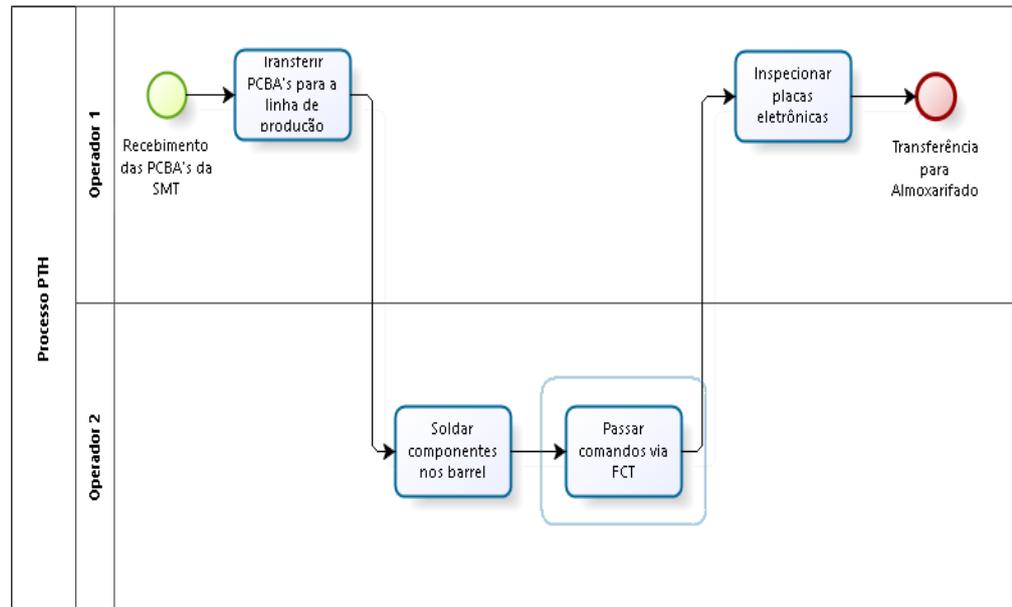
Fonte: elaborado pelo autor

- Processo PTH: o processo PTH que, traduzindo para o português quer dizer “Pino Através do Furo” é um processo que caracteriza uma linha de produção na qual os operadores soldam, manualmente, diversos componentes na placa eletrônica, possuindo apenas uma etapa de solda automática, que ocorre quando as placas eletrônicas passam pela Máquina de Solda Dupla Onda. Os componentes nesse processo são fixados por meio de furos metalizados denominados de “barrel”.

Vale ressaltar que, apesar do avanço tecnológico, os *designers* não conseguiram se desfazer dos componentes PTH, uma vez que os mesmos conferem uma ótima resistência mecânica à placa eletrônica, o que, conseqüentemente, aumenta a durabilidade do produto. Após a soldagem de todos os componentes, as placas eletrônicas são direcionadas para uma máquina denominada FCT. Essa máquina é responsável por transmitir todos os comandos de software às placas.

Após passar pela FCT, as placas eletrônicas são destinadas ao Almoarifado para armazenagem ou para o setor de Montagem, o processo cliente da PCI, responsável por unir as diversas peças plásticas com as placas eletrônicas e, assim, finalizar a produção dos medidores. A figura 12 relaciona o fluxo do processo PTH.

Figura 12 – Fluxograma do processo PTH



Fonte: elaborado pelo autor

3.1.1.2 Processo montagem

O processo de Montagem é composto de sete linhas de montagem com *layout* linear. As linhas são divididas entre três linhas de medidores monofásicos, três linhas de medidores polifásicos e uma linha de *smart meters* ou medidores inteligentes. Esse processo é cliente de dois outros processos: setor PCI e o setor de plásticos.

A capacidade de produção da Montagem, em média, se situa entre 200.000 e 300.000 medidores por mês, dependendo da disponibilidade de colaboradores, máquinas e dias úteis que o mês possuir, além do modelo de medidor mais solicitado, visto que medidores monofásicos possuem, normalmente, um menor *lead time* de produção.

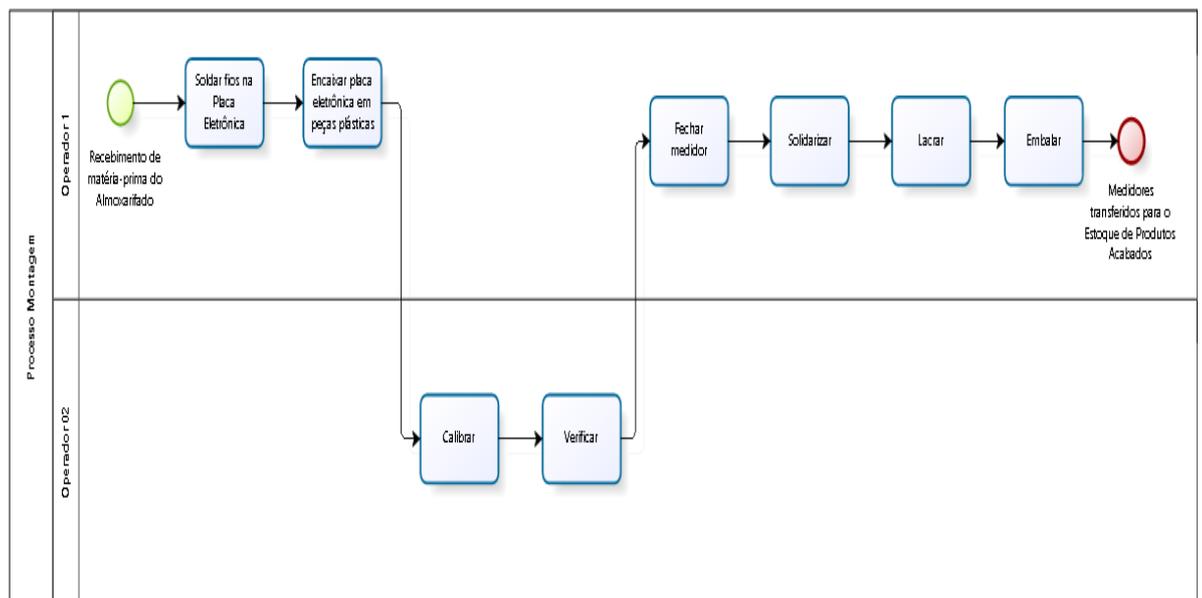
Atualmente, o setor está trabalhando em dois turnos, operando 16h do dia para atender a demanda solicitada pelos clientes. O setor de montagem, assim como o setor PCI, segue a programação da produção fornecida pelo setor de Planejamento e Controle da Produção. Além disso, cada medidor é montado de acordo com uma Ficha Técnica fornecida pelo setor de Suporte Técnico.

As atividades dos colaboradores se resumem em unir as peças plásticas, peças metálicas, fios e a placa eletrônica dos medidores, além da realização de testes.

Assim, há processo de soldagem para unir fios à placa eletrônica, de acordo com as necessidades dos clientes. Ao longo do processo, após a montagem das peças plásticas, peças metálicas fios e placa eletrônica, os medidores pré-fabricados passam por testes de calibração e verificação para testar, dentre outras coisas: comunicação do medidor, funcionamento do *led*, atendimento às especificações técnicas desejadas pelos clientes, testes de corrente elétrica, tensão, corrente elétrica e potência ativa e reativa. São, em sua maioria, testes metrológicos obrigatórios.

Os medidores, ao final da linha de produção, passam por uma máquina de ultrassom, responsável pelo processo de solidarização. Esse processo é uma forma de “colar” a base e a tampa do medidor, funcionando como um sistema antifurto, visto que o medidor, quando possui essa solidarização violada, fica totalmente inutilizado, uma vez que as peças se danificam por completo. O final do processo consiste em lacrar o medidor, embalar e transferir para o Estoque de Produtos Acabados. A figura 13 relaciona o fluxograma do setor montagem.

Figura 13 – Fluxograma setor montagem



Fonte: elaborado pelo autor

3.1.1.3 Processo plásticos

O setor de plásticos opera em dois turnos, 16h por dia, com 15 injetoras plásticas e um total de 30 colaboradores, sendo responsável por fornecer todas as

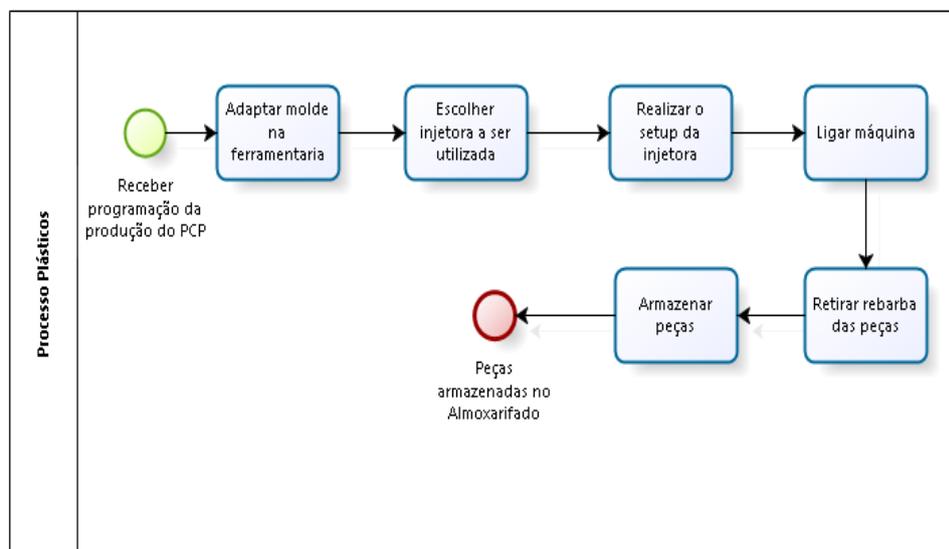
peças plásticas utilizadas nos medidores. Os processos clientes do setor são: processo montagem e processo laser.

Para a fabricação das peças plásticas, são utilizados moldes de injeção, os quais são adaptados na ferramentaria de acordo com as características de cada peça, tais como: cotas, especificações mecânicas, cor, dentre outras. O principal insumo utilizado nas injetoras é o policarbonato, que possui variação de composição, conforme a peça plástica a ser manufaturada.

A troca dos moldes de injeção segue a programação de produção elaborada pelo setor de Planejamento e Controle da Produção, que deve atender à demanda solicitada pelo setor de montagem. Atualmente, o setor possui 30 colaboradores, divididos entre: coordenador, técnico de injeção, encarregados de injeção e auxiliares de produção.

O fluxograma do processo de produção dos plásticos, basicamente, consiste em receber a programação da produção do setor de Planejamento e Controle da Produção, adaptar o molde na ferramentaria, escolher a injetora a ser utilizada, realizar o *setup*, ligar a máquina, recolher e retirar a rebarba das peças e armazenar conforme visto na figura 14.

Figura 14 – Fluxograma setor Plásticos



Fonte: elaborado pelo autor

A capacidade de produção por hora varia de acordo com o tipo de peça plástica a ser injetada e os dados de cada capacidade são fornecidos pelo setor de Engenharia de Processos. Normalmente, peças plásticas utilizadas em medidores polifásicos possuem uma menor capacidade em relação às peças plásticas utilizadas

em medidores monofásicos, em função de suas dimensões. Tais dados são de grande importância para a programação da produção, programação da troca dos moldes, definição dos lotes a serem produzidos e tomada de decisão para parar as injetoras.

3.1.1.4 Processo laser

O setor laser é responsável por gravar informações relacionadas às características do produto, requisitos do cliente e códigos de rastreamento nas placas plásticas de identificação dos medidores. O processo fornecedor da laser é o processo plásticos e o processo cliente é a montagem.

Atualmente, o setor opera com 15 auxiliares de produção e 07 máquinas de laser, em dois turnos por dia de 08h cada. Além das placas plásticas de identificação, alguns clientes solicitam a gravação de informações na base plástica do medidor. A capacidade de produção varia de acordo com o tipo de placa de identificação a ser gravada, bem como a quantidade de informações requisitadas pelo cliente.

3.2 Caracterização do problema

A companhia estudada, como já abordado anteriormente, surgiu no ano de 2015 para fornecer medidores de energia elétrica às diversas distribuidoras de energia elétrica do país. Desde 2015, a empresa vem aumentando, constantemente, a sua demanda, o que gerou a necessidade de incremento da capacidade de produção, por meio do maior aporte de recursos transformadores nos diversos setores e do aumento da eficiência produtiva.

Um dos setores impactados pelo forte aumento da demanda foi o setor de plásticos. Inicialmente, suas 14 injetoras plásticas possuíam a capacidade de suprir a demanda do setor cliente, a montagem. Entretanto, em meados do ano de 2017, começou a haver insuficiência de disponibilidade, no momento demandado, de peças plásticas, impactando negativamente todo o fluxo o produtivo, além da entrega do produto acabado para o cliente final. Visto isso, em outubro de 2017, decidiu-se pela compra de mais uma injetora plástica, visando o aumento da capacidade produtiva e,

consequentemente, a disponibilidade no tempo demandado ao setor de montagem, com a qualidade solicitada.

Ao longo do ano de 2017 e 2018, após a introdução de novos produtos nas linhas de produção, além do aumento da demanda dos produtos já comercializados anteriormente, a capacidade de produção do setor de plásticos se tornou um forte ofensor do fluxo produtivo global, acarretando em constantes paradas na linha de produção, dentre outros motivos, por falta de algumas peças plásticas. Atualmente, a capacidade de produção não pode ser incrementada com a compra de uma nova injetora plástica, em função de falta de espaço no setor, visto que as 15 injetoras atuais já preenchem todo o espaço físico destinado a essas máquinas, não sendo possível realocá-las visando a obtenção de mais espaço.

Os medidores de energia elétrica são montados com uma placa eletrônica, peças metálicas condutoras de eletricidade e peças plásticas. As tabelas 06 e 07 descrevem a quantidade de peças plásticas utilizadas em cada tipo de medidor.

Tabela 06 – Quantidade de peças plásticas por medidor monofásico

| Medidor | Material plástico |
|-------------------|---|
| Cronos monofásico | 01 base plástica monofásica |
| | 01 tampa principal monofásica |
| | 01 placa de identificação monofásica |
| | 01 bloco dos terminais de corrente monofásico |
| | 01 tampa do bloco dos terminais monofásico |
| | 01 obstrutor de fase |
| | 01 suporte antirruído |
| | 01 suporte plástico lateral |
| | 01 fixador de pontes |

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 07 – Quantidade de peças plásticas por medidor polifásico

| Medidor | Material plástico |
|-------------------|---|
| Cronos polifásico | 01 base plástica polifásica |
| | 01 tampa principal polifásica |
| | 01 placa de identificação polifásica |
| | 01 bloco dos terminais de corrente polifásico |
| | 01 tampa do bloco dos terminais polifásico |
| | 01 obstrutor de fase |
| | 01 suporte antirruído |
| | 01 suporte plástico lateral |
| | 01 fixador de pontes |

Fonte: elaborado pelo autor

Para obtenção da demanda de peças plásticas e elaboração da programação da produção do setor de plásticos, deve-se multiplicar a quantidade de peças plásticas utilizadas em cada medidor pela demanda total consolidada de medidores a serem comercializados pelo setor comercial. Após a demanda mensal ter sido gerada, o setor de Planejamento e Controle da Produção programa a produção de todos os setores envolvidos no fluxo produtivo, inclusive o setor de plásticos. Entre outubro de 2017 e outubro de 2018 a demanda se comportou conforme a tabela 08.

Tabela 08 – Demanda solicitada pelos clientes

| Mês de referência | Tipo de medidor | Demanda |
|--------------------------|------------------------|----------------|
| out/17 | Monofásico | 141538 |
| | Polifásico | 122855 |
| | Total | 264393 |
| nov/17 | Monofásico | 119134 |
| | Polifásico | 87963 |
| | Total | 207097 |
| dez/17 | Monofásico | 159254 |
| | Polifásico | 89051 |
| | Total | 248305 |
| jan/18 | Monofásico | 164068 |
| | Polifásico | 107117 |
| | Total | 271185 |
| fev/18 | Monofásico | 127741 |
| | Polifásico | 116336 |
| | Total | 244077 |
| mar/18 | Monofásico | 154085 |
| | Polifásico | 125347 |
| | Total | 279432 |
| abr/18 | Monofásico | 154124 |
| | Polifásico | 119961 |
| | Total | 274085 |
| mai/18 | Monofásico | 188615 |
| | Polifásico | 125323 |
| | Total | 313938 |
| jun/18 | Monofásico | 150636 |
| | Polifásico | 110545 |
| | Total | 261181 |
| jul/18 | Monofásico | 148360 |
| | Polifásico | 89923 |
| | Total | 238283 |
| ago/18 | Monofásico | 159886 |
| | Polifásico | 108687 |
| | Total | 268573 |
| set/18 | Monofásico | 161683 |
| | Polifásico | 98625 |
| | Total | 260308 |
| out/18 | Monofásico | 155312 |
| | Polifásico | 101638 |
| | Total | 256950 |

Fonte: elaborado pelo autor

O setor de Planejamento e Controle da Produção, ao programar a produção, define quais peças serão produzidas em cada máquina, ou seja, nem todas as peças são produzidas em todas as máquinas. A tabela 09 identifica o que cada máquina injeta.

Tabela 09 – Relação de peças injetadas em cada máquina

| Peça plástica | Máquina |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Base plástica | Injetoras 01, 02, 03 e 04 |
| Tampa plástica | Injetoras 05, 06, 07 e 08 |
| Placas de identificação sem impressão | Injetoras 09 e 10 |
| Bloco dos terminais de corrente | Injetoras 11 e 12 |
| Tampa do bloco de terminais | Injetora 13 |
| Obstrutor de fase | Injetora 14 |
| Suporte antirruído | Injetora 14 |
| Suporte para a base | Injetora 15 |
| Fixador de pontes | Injetora 15 |

Fonte: elaborado pelo autor

Vale ressaltar que cada injetora plástica possui, integrada a ela, uma esteira que possui a funcionalidade de transportar as peças até o operador que retira a rebarba das peças e armazena essas peças nos caixotes. Assim, a integração máquina, esteira e operador é considerada como uma unidade de produção. A figura 15 representa uma unidade de produção.

Figura 15 – Unidade de produção no setor de plásticos



Fonte: elaborado pelo autor

O setor em estudo opera 16 horas brutas por dia de trabalho, divididas em dois turnos. Conforme estratégia da empresa em estudo, não se torna viável a implantação de um terceiro turno, uma vez que o setor é muito dependente da área de Tecnologia da Informação e os colaboradores desse setor não trabalham nesse turno, o que causaria constantes transtornos e paradas de produção. Entre um turno e outro há um intervalo de almoço de 01 hora. O ciclo de produção das injetoras é fornecido pelo setor de Engenharia de Processos. Frisa-se que a decisão de mudança do molde para iniciar a manufatura de uma nova peça plástica, atualmente, sempre parte do coordenador do setor, que pode decidir em não realizar *setup* para um outro tipo de produto. O ciclo de produção das injetoras, em relação a cada peça plástica, está relacionada na tabela 10.

Tabela 10 – Ciclo de produção das injetoras para cada peça plástica

| Material | Tipo de medidor | Ciclo de produção (unid/h) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Base plástica | Monofásica | 210 |
| | Polifásica | 160 |
| Tampa principal | Monofásica | 200 |
| | Polifásica | 150 |
| Placa de identificação sem impressão | Monofásica | 450 |
| | Polifásica | 300 |
| Bloco dos terminais de corrente | Monofásica | 450 |
| | Polifásica | 300 |
| Tampa do bloco | Monofásica | 1000 |
| | Polifásica | 600 |
| Obstrutor para saída de comunicação | Monofásica | 3200 |
| | Polifásica | 3200 |
| Suporte anti-ruído | Monofásica | 3200 |
| | Polifásica | 3200 |
| Suporte plástico lateral para base | Monofásica | 3000 |
| | Polifásica | 3000 |
| Fixador de pontes | Monofásica | 3200 |
| | Polifásica | 3200 |

Fonte: elaborado pelo autor

Para se calcular a capacidade de projeto de cada peça plástica, leva-se em consideração um período de 26 dias úteis, que é o comum em um mês de 30 dias sem feriados, além da quantidade de horas trabalhadas por turno, que possui o valor de 08 horas, e das unidades produzidas por hora. Então, tem-se:

- Capacidade de projeto = (26 dias úteis) x (quantidade de horas manufaturando a peça) x (unidades produzidas por hora) x (quantidade de máquinas produzindo a peça).

A empresa estudada, para chegar ao cálculo da capacidade de projeto, considera que, para a metade de horas trabalhadas em um mês de 30 dias, fabricam-se peças plásticas para medidores monofásicos e para a outra metade dessas horas fabricam-se peças para medidores polifásicos. Assim, em um mês de 26 dias úteis, operando em dois turnos de 08 horas e totalizando 416 horas trabalhadas, calcula-se que cada máquina reserva 208 horas para peças monofásicas e 208 horas para peças polifásicas. Ressalta-se, também, que deve ser levado em consideração a quantidade de máquinas que manufatura cada peça. Por exemplo, quatro máquinas manufaturam bases plásticas, o que é considerado para chegar ao valor da capacidade de projeto. Assim, os valores de cada capacidade projetada estão descritos na tabela 11.

Tabela 11 – Capacidades de projeto das peças plásticas

| Material | Tipo de medidor | Capacidade projetada |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Base Plástica | Monofásica | 174720 |
| | Polifásica | 133120 |
| Tampa principal | Monofásica | 166400 |
| | Polifásica | 124800 |
| Placa de Identificação sem impressão | Monofásica | 187200 |
| | Polifásica | 124800 |
| Bloco dos terminais de corrente | Monofásica | 187200 |
| | Polifásica | 124800 |
| Tampa do bloco | Monofásica | 208000 |
| | Polifásica | 166400 |
| Obstrutor de fase | Monofásica | 332800 |
| | Polifásica | 332800 |
| Suporte antirruído | Monofásica | 332800 |
| | Polifásica | 332800 |
| Suporte plástico para base | Monofásica | 312000 |
| | Polifásica | 312000 |
| Fixador de pontes | Monofásica | 332800 |
| | Polifásica | 332800 |

Fonte: elaborado pelo autor

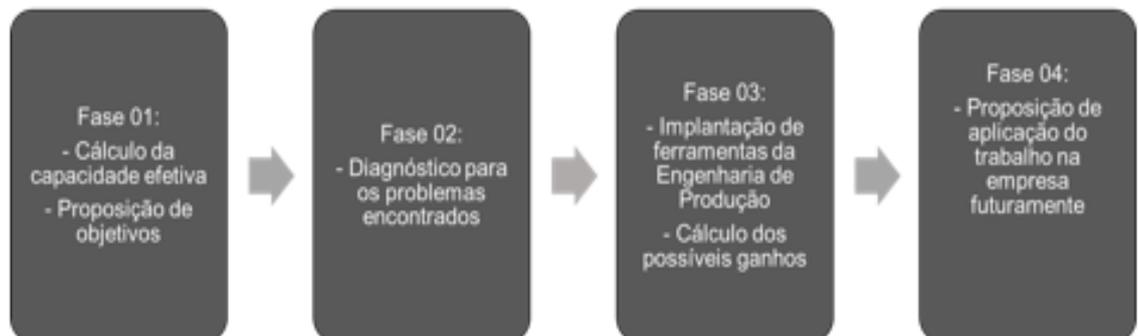
Sabe-se que as perdas planejadas e não planejadas reduzem a capacidade de projeto, o que impacta no atendimento da demanda solicitada pelo setor de montagem, gerando indisponibilidade de algumas peças plásticas. Percebe-se, então, quando levadas em consideração as perdas planejadas e as perdas não planejadas, que o setor está operando abaixo da sua capacidade de projeto, o que impacta o fornecimento de peças plásticas ao setor cliente.

4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Nesta etapa do trabalho, foi elaborado um método para aplicação da proposta de solução do problema encontrado, visando alcançar o objetivo de incremento da capacidade no setor de plásticos. Tendo como base a revisão teórica, procurou-se utilizar ferramentas e técnicas diversas da Engenharia de Produção e propor soluções para gerar uma maior disponibilidade de peças plásticas para o setor de montagem de medidores.

A metodologia de resolução do problema se pautou em quatro fases, buscando alinhamento à estratégia da empresa, que foca, continuamente, na introdução de novas tecnologias no processo produtivo, visto ser controlada por uma líder global de mercado, com muitos anos de mercado e fortemente amparada pelas melhores tecnologias e métodos de fabricação. A figura 16 representa como as fases estão distribuídas.

Figura 16 – Fases de implantação do método proposto



Fonte: elaborado pelo autor

4.1 Fase 01

Na primeira fase do método proposto foram calculadas as capacidades efetivas para as diversas peças plásticas, tendo como base as capacidades de projeto, já calculadas pela empresa. Outrossim, foi estabelecido o objetivo de aumento de capacidade, que se baseou na peça com capacidade de fornecimento mais crítico.

A capacidade de projeto é reduzida, dentre outros fatores, por perdas e desperdícios ao longo do processo produtivo. As perdas se dividem em planejadas, que podem ser previstas pelos gestores do processo e não planejadas, aquelas

consideradas “inesperadas”. Para as perdas planejadas, encontrou-se, na empresa, as seguintes:

- *Setup*: 30 minutos;
- Troca de turnos: 10 minutos.

Já em relação às perdas não planejadas, as principais dizem respeito às manutenções corretivas e aos ajustes dos moldes no setor de ferramentaria. Para as paradas por manutenção corretiva nas injetoras, houve um gasto médio de, aproximadamente, 3750 minutos, ao longo de 365 dias, entre outubro de 2017 e outubro de 2018. Os ajustes de molde possuem um tempo médio de 10 minutos. Os dados foram fornecidos pelo setor de manutenção da empresa estudada. Então, para as perdas não planejadas, foram encontrados os seguintes dados:

- Manutenção corretiva: 10,2 minutos;
- Ajuste dos moldes de injeção na ferramentaria: 10 minutos.

Têm-se, então, para cálculo da capacidade efetiva:

- Capacidade efetiva = (capacidade de projeto) - (perdas planejadas + perdas não planejadas).

Onde:

- Capacidade de projeto = (26 dias úteis) x (quantidade de horas manufaturando a peça) x (unidades produzidas por hora) x (quantidade de máquinas produzindo a peça);
- Perdas planejadas = (26 dias úteis) x (horas de máquina parada por dia) x (perda de produção por hora) x (quantidade de máquinas produzindo a peça);
- Perdas não planejadas = (quantidade média de horas com manutenções corretivas e ajustes de moldes) x (perda de produção por hora) x (quantidade de máquinas produzindo a peça).

Assim, a tabela 12 traz os resultados encontrados para a capacidade efetiva de cada peça plástica, levando em consideração as perdas planejadas e não planejadas.

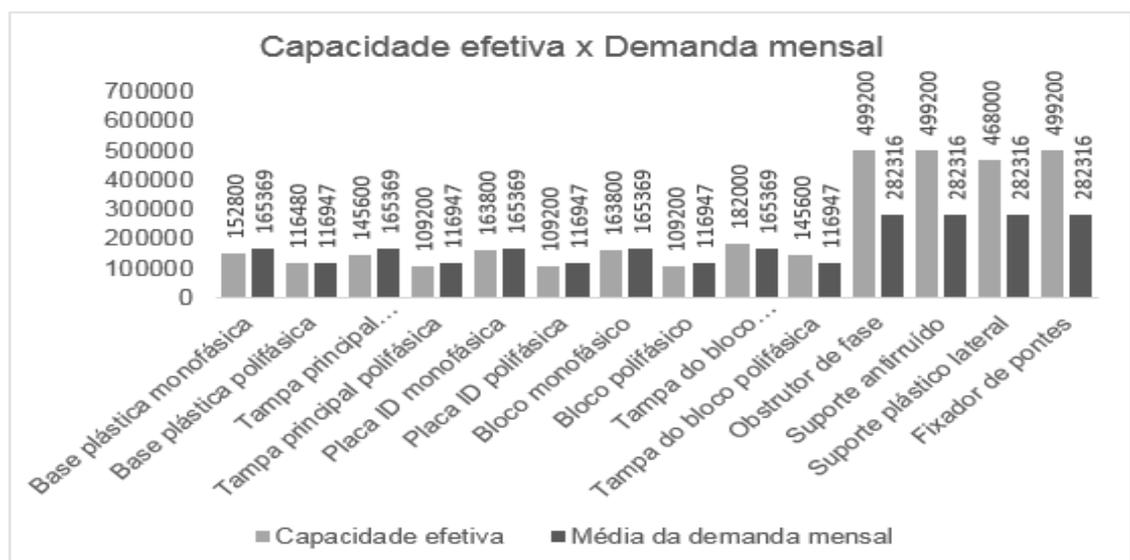
Tabela 12 – Capacidades efetivas para cada peça plástica

| Material | Tipo de medidor | Capacidade efetiva |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Base Plástica | Monofásica | 152880 |
| | Polifásica | 116480 |
| Tampa principal | Monofásica | 145600 |
| | Polifásica | 109200 |
| Placa de Identificação sem impressão | Monofásica | 163800 |
| | Polifásica | 109200 |
| Bloco dos terminais de corrente | Monofásica | 163800 |
| | Polifásica | 109200 |
| Tampa do bloco | Monofásica | 182000 |
| | Polifásica | 145600 |
| Obstrutor de fase | Monofásica | 249600 |
| | Polifásica | 249600 |
| Suporte antirruído | Monofásica | 249600 |
| | Polifásica | 249600 |
| Suporte plástico para base | Monofásica | 234000 |
| | Polifásica | 234000 |
| Fixador de pontes | Monofásica | 249600 |
| | Polifásica | 249600 |

Fonte: elaborado pelo autor

Dando continuidade, estabeleceu-se que o objetivo é alcançar o aumento de 15% na capacidade de produção de todas as peças plásticas. Esse valor foi estabelecido levando em consideração a peça com a capacidade mais crítica em relação à demanda, ou seja, o principal gargalo do setor, que é a tampa principal monofásica. O gráfico 01 compara a demanda com a capacidade efetiva de cada peça.

Gráfico 01 – Comparação da capacidade efetiva com a média da demanda



Fonte: elaborado pelo autor

Atualmente, a demanda média de outubro de 2017 a outubro de 2018 da peça mais crítica, que é a tampa principal monofásica é de 165.369 e sua capacidade efetiva calculada é de 145.600, conforme a tabela 12. Sendo assim, após esse aumento e de acordo com a demanda de outubro de 2017 a outubro de 2018, será possível atender as peças plásticas solicitadas pelo cliente final, impedindo a indisponibilidade dos produtos.

Assim, a primeira fase deste trabalho foi essencial para a dar a base ao estudo, pois foi possível verificar o foco principal do estudo, por meio do cálculo das capacidades efetivas e do estabelecimento do objetivo de aumento em 15% dessas capacidades. Foi possível dar diretrizes ao estudo.

4.2 Fase 02

Na segunda fase, utilizou-se um fluxograma AV/NAV para mapear todo o processo do setor de plásticos, desde a requisição dos insumos ao almoxarifado até a entrega das peças plásticas ao estoque para realizar um diagnóstico das ferramentas a serem utilizadas em cada atividade. Foi possível, assim, identificar as atividades que não agregam valor ao processo, sugerindo soluções com ferramentas, técnicas e conceitos produtivos para essas atividades. O quadro 06 representa esse fluxograma:

Quadro 06 – Fluxograma AV/NAV do processo de plásticos

| Mapeamento do Processo | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---------------------|--|
| Nome do Processo: Produção plásticos | | Método: Atual <input checked="" type="checkbox"/> Proposto <input type="checkbox"/> | | |
| Atividade | Descrição do Processo | Agrega Valor | Não Agregação Valor | Solução proposta |
| | Requisitar policarbonato ao almoxarifado | | X | <i>Just in Time</i> |
| | Transportar policarbonato do almoxarifado ao setor de plásticos | | X | <i>Just in Time</i> , Análise de layout |
| | Realizar <i>setup</i> da injetora | | X | Troca Rápida de Ferramentas, Análise de layout |
| | Ligar a máquina | | X | Troca Rápida de Ferramentas |
| | Produzir peças | X | | Teoria das restrições |
| | Retirar a rebarba das peças plásticas | | X | Estudo de tempos e métodos, Manutenção Produtiva Total |
| | Inspecionar as peças plásticas | | X | <i>Just in Time</i> |
| | Armazenar as peças plásticas nos caixotes | | X | <i>Just in Time</i> , Análise de layout |
| | Transportar as peças plásticas ao almoxarifado | | X | <i>Just in Time</i> , Análise de layout |

Fonte: elaborado pelo autor

Após a elaboração desse fluxograma AV/NAV, obteve-se um direcionamento das ações a serem seguidas na próxima fase do trabalho. As proposições terão dois focos principais: eliminar ou suavizar o impacto no processo das atividades que não agregam valor e atingir o objetivo de aumento em 15% da capacidade efetiva, definido na fase 01 deste trabalho.

4.3 Fase 03

Nessa terceira fase, serão propostas implantações de ferramentas, técnicas e conceitos produtivos diversos, dentre eles: ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing*, que englobam o conceito *Just in Time*, a Troca Rápida de Ferramentas e a Manutenção Produtiva Total, além de um estudo de tempos e métodos e uma análise de *layout*, comumente vistos em estudos de proposição de melhorias em processos. Essas ferramentas serão fundamentais para suavizar o impacto das atividades que não agregam valor ao processo de produção dos plásticos e atingir o objetivo de aumento de 15% das capacidades efetivas calculadas.

Para início da fase 03, foi escolhido reduzir algumas das sete perdas de produção, enumeradas no conceito de *Just in Time*. Nessa etapa, buscou-se reduzir essas perdas, focando em propostas de automatização, visto estar alinhado à estratégia da empresa, que está continuamente investindo em automatizações em todo o ambiente fabril. Como segunda ferramenta, foi proposta a Troca Rápida de Ferramenta, buscando atingir ou chegar mais próximo do SMED, definido por Shingo (2000).

Na terceira etapa da fase 03, procurou-se propor integrações dos operadores às manutenções das máquinas, por meio dos procedimentos da Manutenção Produtiva Total. Seguindo o estudo, na quarta etapa realizou-se um estudo de tempos e métodos no processo de retirada de rebarba das peças plásticas, encontrando o tempo padrão da atividade, elaborando o diagrama homem-máquina para observar as interações entre operadores e injetoras e, por fim, um diagrama mão esquerda-mão direita para propor mudanças no fluxo do processo de retirada de rebarba. Por fim, na última etapa da fase 03, foi proposta uma alteração no *layout*, que contribuirá, diretamente, no processo de preparação das injetoras plásticas.

4.3.1 Redução de perdas produtivas utilizando o *Just in Time*

Iniciando a aplicação de conceitos do *Lean Manufacturing*, propõe-se automatização para combater algumas das sete perdas de produção abordadas pelo *Just in Time* e presentes no referencial teórico deste trabalho. Serão combatidas, principalmente, as perdas que envolvem superprodução, espera, movimentações desnecessárias e transportes.

Atualmente, o processo de produção no setor de plásticos apresenta algumas perdas. As principais são: perdas por superprodução, perdas por espera, perdas por movimentações desnecessárias e perdas por transportes. A primeira perda, que é a superprodução, ocorre, dentre outros fatores, pela deficiência de capacidade efetiva das peças plásticas, como base plástica e tampa plástica, por exemplo. Devido a essa falta de capacidade efetiva, o coordenador do setor decide, em alguns casos, produzir grandes lotes, visando antecipar demandas futuras de meses seguintes. Os grandes lotes geram excesso de estoque, acarretando em estratégias de armazenamento inadequadas em locais de passagem, tal como segue na figura 17.

Figura 17 – Armazenamento dos caixotes em locais de passagem, gerados pela superprodução

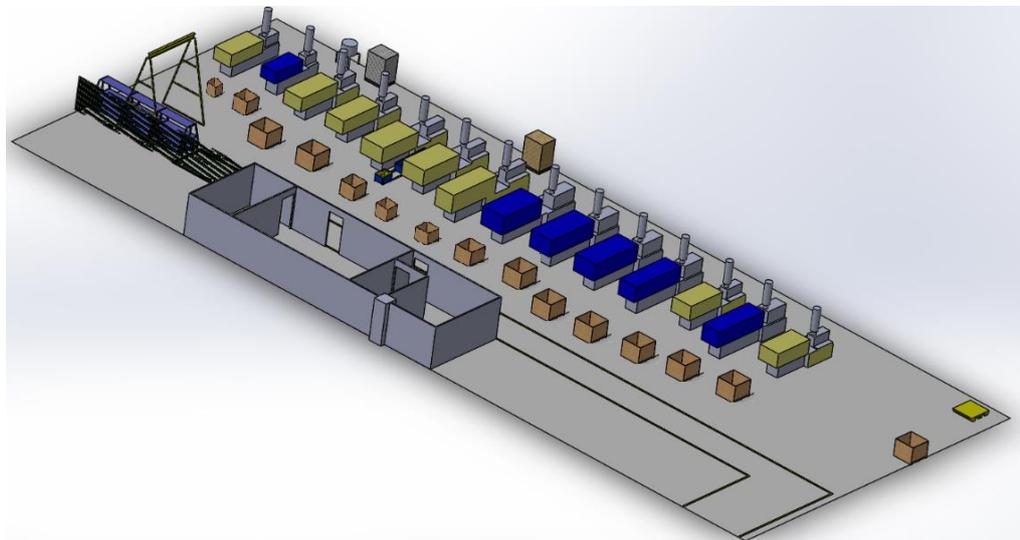


Fonte: elaborado pelo autor

Ademais, outro impacto negativo lembrado é quando os grandes lotes já foram manufaturados e alguns clientes decidem cancelar os pedidos para realizá-los em meses subsequentes, cláusula comum em contratos de licitação de medidores de energia elétrica. Há aumentos de custo em função da estocagem desnecessária das peças plásticas já produzidas.

O segundo tipo de perda encontrada no setor é a perda por espera. As peças são estocadas em caixotes próximos ao operador, que deve constantemente movimentá-las para armazenar nesses caixotes. Um dos impactos é a perda causada pela espera dessa estocagem. Por fim, encontrou-se, como terceira e quarta perda, respectivamente, a perda por movimentações desnecessárias, causadas por movimentos de armazenagem e ajuste das peças nos caixotes, após o ciclo de produção da injetora, e a perda por transportes, ocorrida quando o operador deve transportar o caixote completo com as peças plásticas ao corredor do almoxarifado. A figura 18 exemplifica como ocorre essa perda. Essa atividade de transporte, conforme relatado no diagnóstico da fase 02, não agrega valor ao processo, devendo ser eliminada ou suavizada.

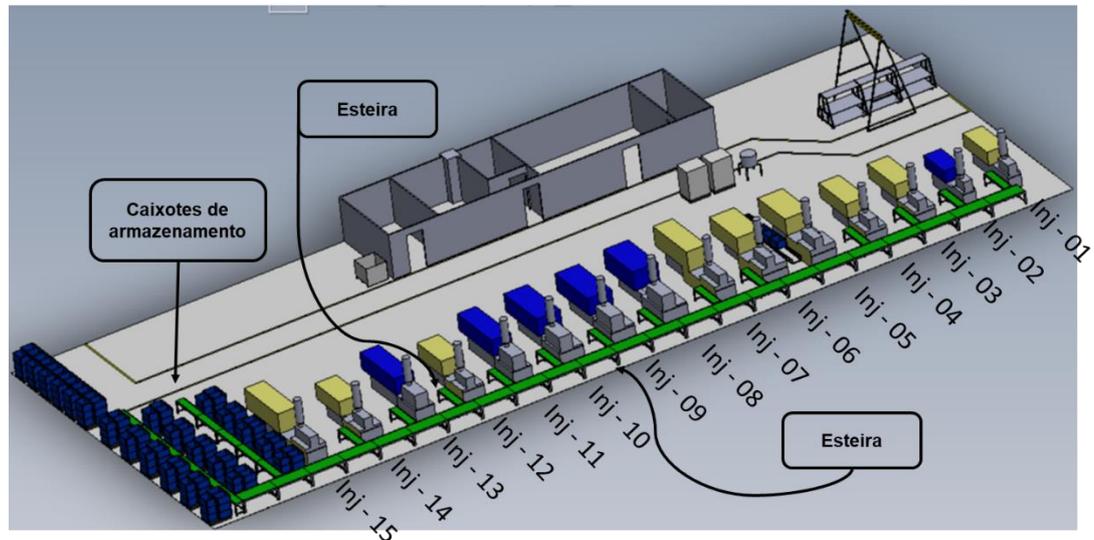
Figura 18 – Armazenagem nos caixotes após produção das injetoras plásticas no setor de Plásticos



Fonte: elaborado pelo autor

A estratégia da organização estudada é de automatizar seus processos, dependendo em menor grau do trabalho humano, conforme diretrizes de sua controladora chinesa. A automatização do setor contribuiu na redução das quatro perdas verificadas no atual processo produtivo. Primeiramente, foi proposta a instalação de uma esteira automática atrás das injetoras, como segue na figura 19.

Figura 19 – Primeiro método de melhoria proposto

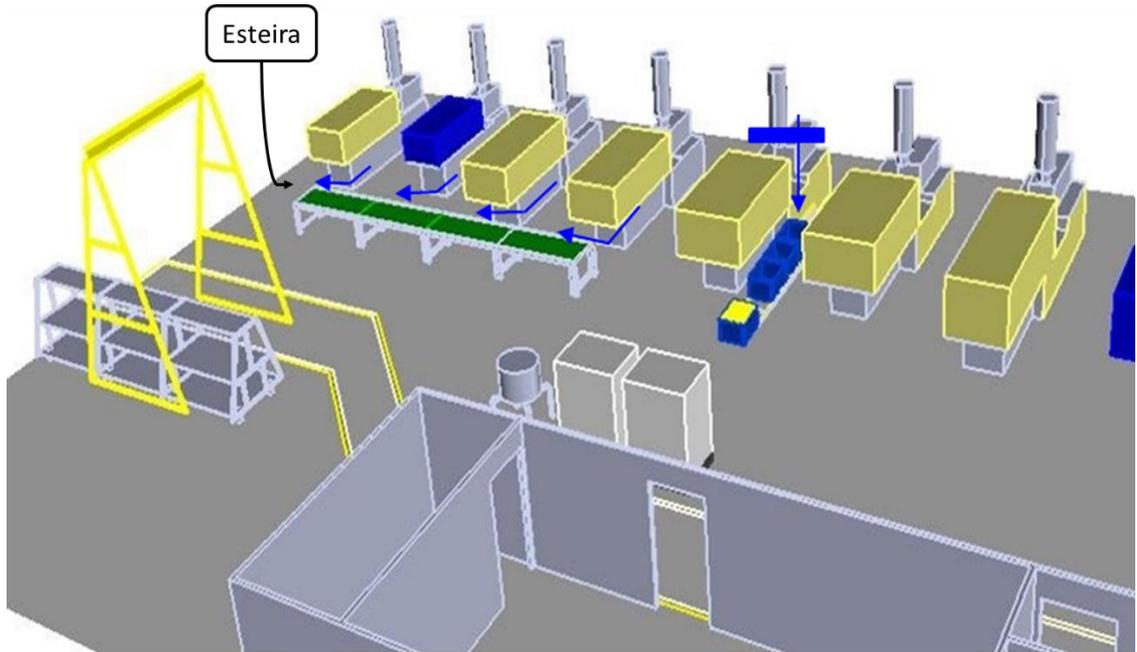


Fonte: elaborado pelo autor

Nesse método, cada injetora teria a ela uma esteira integrada, que se ligaria à esteira atrás de todas as injetoras. Após a produção de cada peça, um braço robótico ou o trabalho humano levaria a peça produzida até a esteira integrada que, em seguida, transportaria até a esteira atrás das injetoras e ela levaria até os caixotes, próximos a 15ª injetora, conforme representado na figura 19. Assim, quando completos, cada caixote seria transportado ao almoxarifado, diminuindo o espaço a ser percorrido e, conseqüentemente, as movimentações e transportes. Entretanto, chegou-se à conclusão, após os estudos de fluxo, que esse método proposto é inviável, visto que haveria uma grande mistura de peças na esteira, já que as injetoras produzem peças diferentes entre si, o que poderia acarretar em um longo tempo para separar cada peça em cada caixote.

Assim, foi proposto uma segunda solução, que consiste em uma esteira a cada 04 injetoras com um caixote ao final da esteira, havendo menos ou nenhuma mistura de peças, problema encontrado na primeira solução. A figura 20 representa o segundo método proposto.

Figura 20 – Solução proposta com esteira em cada 04 injetoras



Fonte: elaborado pelo autor

Essa segunda proposta seria mais viável, pois, como já abordado, geraria menos impacto na separação de peças divergentes. Por exemplo, as injetoras 01, 02, 03 e 04 produzem apenas bases plásticas, o que não acarretaria em mistura de peças e, assim, aumentaria a capacidade produtiva de forma mais eficiente.

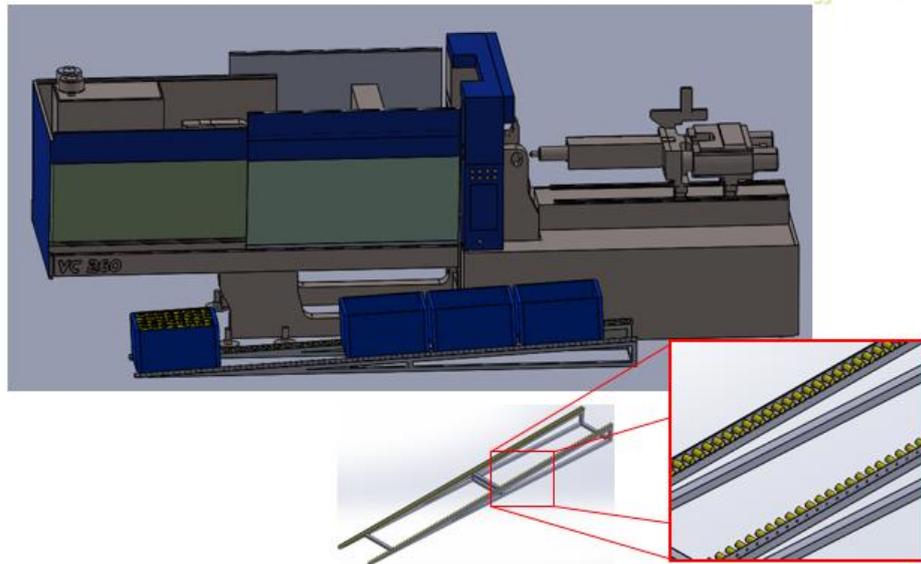
A terceira, e última, proposição seria a integração de um robô cartesiano, representado na figura 21 e uma rampa de movimentação por gravidade, abordada na figura 22, às 15 injetoras.

Figura 21 – Representação do robô cartesiano proposto no terceiro método



Fonte: <<http://www.star-europe.com/es-ii/>>

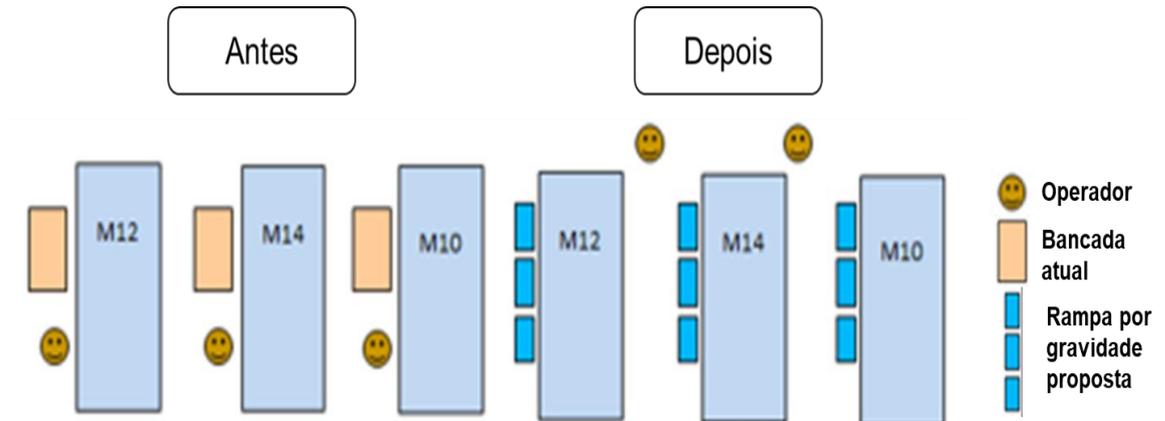
Figura 22 – Rampa de movimentação por gravidade integrada à injetora e ao robô cartesiano



Fonte: elaborado pelo autor

O terceiro método proposto reduz a quantidade de colaboradores por unidade de produção, uma vez que não será mais necessária a atividade de armazenagem das peças nos caixotes de forma manual, atividade que não agrega valor, conforme o diagnóstico feito na fase 02. O robô cartesiano seria o responsável por essa armazenagem. A figura 23 representa essa redução. Serão necessários 02 operadores a cada 03 unidades de produção, não havendo mais a necessidade de 01 colaborador por unidade de produção, como acontece atualmente. Assim, calcula-se que haverá uma redução dos atuais 15 colaboradores para 10 colaboradores por turno de trabalho. Desse modo, o total da redução, quando analisados os dois turnos, será de 10 colaboradores. Essa redução auxiliará na redução de perdas planejadas com troca de turnos, ou seja, perdas por espera, pois haverá menos colaboradores para realizar essa atividade, contribuindo para o atingimento do objetivo de aumento em 15% das capacidades efetivas, definidos na fase 01 deste trabalho.

Figura 23 – Redução de operadores após implantação da terceira solução



Fonte: elaborado pelo autor

Os três métodos propostos são eficientes para o aumento da capacidade de produção e redução de perdas no fluxo produtivo, com colaboradores menos ociosos e menores movimentações e transportes de materiais e peças plásticas acabadas. Assim, se torna possível a redução das perdas enumeradas pelo conceito de *Just in Time*, tornando a produção mais eficiente, conforme necessidades do setor cliente. Os ganhos operacionais são significativos e contribuirão para o aumento da capacidade.

Para o segundo e o terceiro método proposto, considerados os mais viáveis no aspecto operacional, como já exemplificado anteriormente, foi feito um orçamento para ser apresentado à diretoria executiva, calculando, em seguida, o tempo de retorno do investimento. O orçamento já inclui a compra de ferramentas, necessárias para possíveis manutenções nos robôs cartesianos. Em relação às esteiras, a empresa já possui ferramentas e maquinários suficientes para realizar as manutenções, visto outros setores já possuírem essa solução. Os resultados obtidos estão descritos nos quadros 07 e 08.

Quadro 07 – Orçamento do segundo e terceiro método integrados

| Material | Quantidade | Preço unitário | Investimento total |
|---------------------------------------|------------|----------------|--------------------|
| Transportador | 4 | R\$ 18.500,00 | R\$ 55.500,00 |
| Correia transportadora 600 mm x 6 m | 3 | R\$ 15.000,00 | R\$ 45.000,00 |
| Robô | 1 | R\$ 60.000,00 | R\$ 60.000,00 |
| Interface do robô | 1 | R\$ 9.000,00 | R\$ 9.000,00 |
| Garras pneumáticas do robô | 1 | R\$ 30.000,00 | R\$ 30.000,00 |
| Base do robô | 1 | R\$ 4.000,00 | R\$ 4.000,00 |
| Frete | 1 | R\$ 12.000,00 | R\$ 12.000,00 |
| Outros (instalação, ferramentas, etc) | 1 | R\$ 10.000,00 | R\$ 10.000,00 |
| Total do investimento = | | | R\$ 225.500,00 |

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 08 – Análise de viabilidade do segundo e terceiro método

| Análise de viabilidade | |
|-------------------------|----------------|
| Investimento = | R\$ 225.500,00 |
| Retorno (em 12 meses) = | R\$ 190.000,00 |
| Payback = | 1.2 anos |

Fonte: elaborado pelo autor

Para se chegar ao cálculo do *payback* de 1.2 anos, levou-se em consideração a redução dos operadores no setor de plásticos. Dos atuais 30 colaboradores, divididos em dois turnos, o setor necessitará de 20 colaboradores. A redução de 10 operadores diminui a necessidade de remuneração de pessoal e encargos trabalhistas, o que contribui para o retorno do investimento realizado.

Vale ressaltar que os métodos propostos estão alinhados à estratégia da *holding* chinesa, controladora da empresa estudada. Conforme discutido com colaboradores do nível tático, são várias as solicitações do nível estratégico para soluções de automatização que reduzam perdas de produção e possibilitem a redução do trabalho humano, diminuindo perdas planejadas, como a troca de turnos, por exemplo.

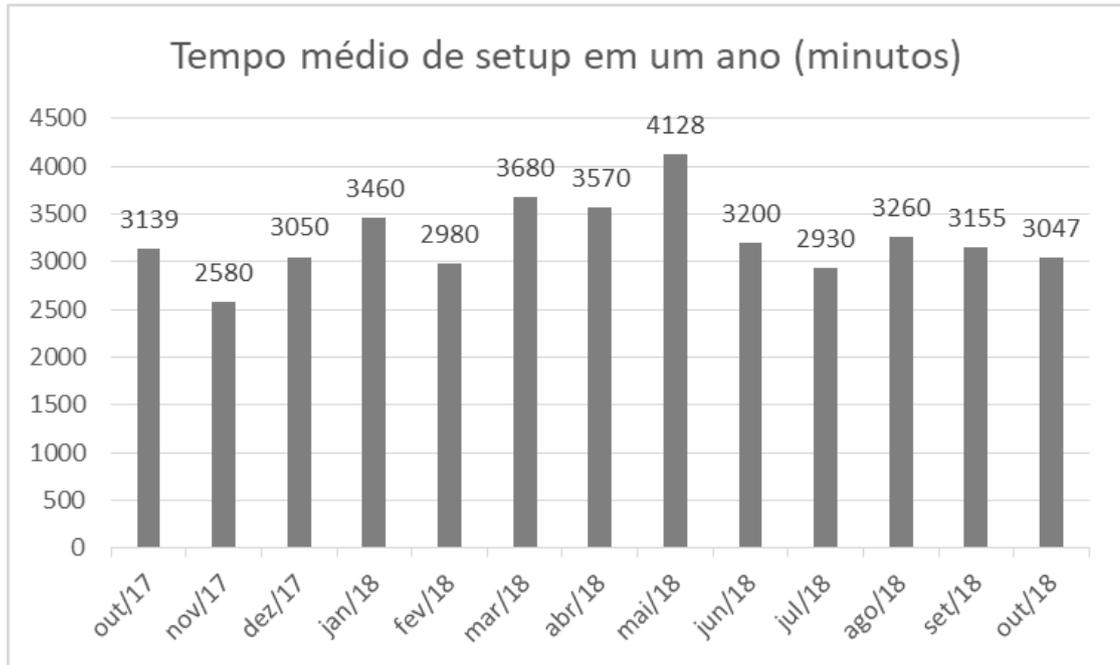
4.3.2 Implantação da Troca Rápida de Ferramentas

A terceira etapa da fase 03 é a implantação da Troca Rápida de Ferramentas, buscando chegar em um tempo mais próximo do SMED, reduzindo os impactos dos ajustes de máquina, atividade que não agrega valor, conforme o diagnóstico realizado na fase 02. Esse conceito deve ser implementado seguindo os onze procedimentos listados no referencial teórico deste trabalho. Será útil para a redução do atual tempo de *setup* das injetoras, necessário quando o coordenador desejar inverter o molde das peças monofásicas para o molde das peças polifásicas, por exemplo.

As principais perdas no atual *setup* estão relacionadas à busca de ferramentas para inserção e retirada dos moldes de injeção, equipamentos denominados “talha” e “guindaste manual”. Para a solução desse problema, será proposta nessa fase a aquisição de algumas soluções para a Troca Rápida dos Moldes. São soluções que apoiam o sistema de “Troca Rápida dos Moldes”, constantemente abordado em processos de injeção.

Para início da implantação da Troca Rápida de Ferramentas, analisou-se o histórico do tempo médio de paradas nas injetoras, em função dos *setups* em um período de um ano, de outubro de 2017 a outubro de 2018, chegando ao resultado do gráfico 02.

Gráfico 02 – Tempo médio em minutos das paradas planejadas por *setup*



Fonte: elaborado pelo autor

Após os cálculos, encontrou-se uma média de 3244 minutos perdidos por *setups* nas injetoras plásticas. A estratégia é a redução do tempo de *setup* em, aproximadamente, 30% para diminuir as perdas planejadas e auxiliar no atingimento do objetivo de aumento em 15% das capacidades efetivas, definido na fase 01 deste trabalho.

Para a implantação do programa de redução do *setup* e Troca Rápida de Ferramentas no setor de Plásticos, propõe-se a formação de uma equipe multifuncional, podendo ser formada pelo gerente industrial, coordenador de injeção, encarregado de injeção e líder de produção, os colaboradores que estão diariamente no processo de injeção e podem agregar ao programa de melhoria.

O tempo de *setup*, medido *in loco*, ficou em 29,95 minutos, conforme relatado na tabela 13.

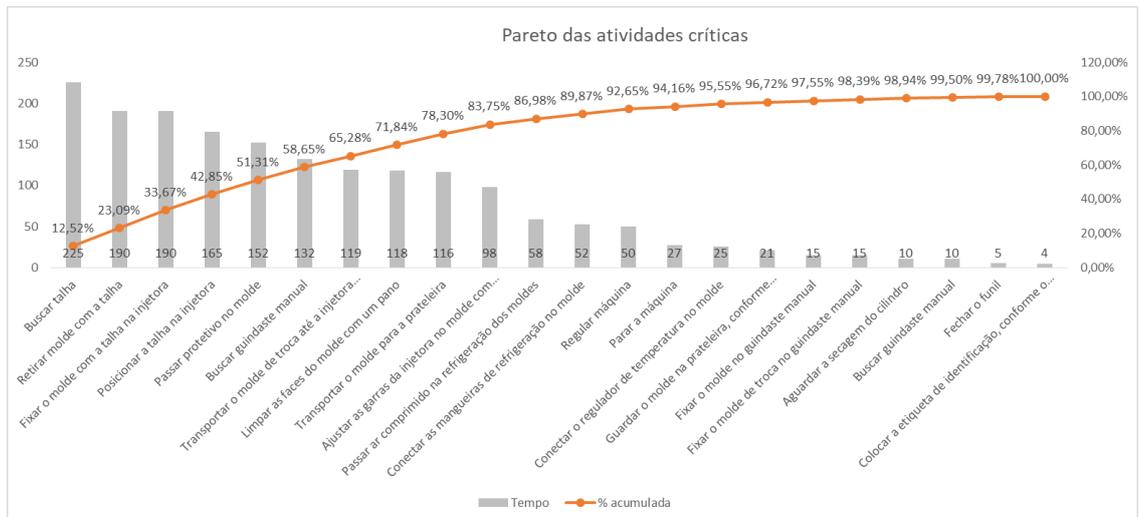
Tabela 13 – Atividades do *setup* de troca de moldes

| Nº | Executor | Atividades | Tempo (segundos) | Atividade Interna | Atividade Externa |
|---------------|------------------------|---|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Líder de produção | Fechar o funil | 5 | | X |
| 2 | Líder de produção | Aguardar a secagem do cilindro | 10 | | X |
| 3 | Líder de produção | Parar a máquina | 27 | | X |
| 4 | Líder de produção | Passar ar comprimido na refrigeração dos moldes | 58 | X | |
| 5 | Líder de produção | Limpar as faces do molde com um pano | 118 | X | |
| 6 | Líder de produção | Passar protetivo no molde | 152 | X | |
| 7 | Líder de produção | Colocar a etiqueta de identificação, conforme o status do molde | 4 | X | |
| 8 | Líder de produção | Buscar talha | 225 | X | |
| 9 | Líder de produção | Posicionar talha na injetora | 165 | X | |
| 10 | Líder de produção | Retirar molde com a talha | 190 | X | |
| 11 | Líder de produção | Buscar guindaste manual | 132 | X | |
| 12 | Líder de produção | Fixar o molde no guindaste manual | 15 | X | |
| 13 | Líder de produção | Transportar o molde para a prateleira | 116 | X | |
| 14 | Líder de produção | Guardar o molde na prateleira, conforme endereçamento | 21 | X | |
| 15 | Líder de produção | Buscar guindaste manual | 10 | X | |
| 16 | Líder de produção | Fixar o molde de troca no guindaste manual | 15 | X | |
| 17 | Líder de produção | Transportar o molde de troca até a injetora desejada | 119 | X | |
| 18 | Líder de produção | Fixar o molde com a talha na injetora | 190 | X | |
| 19 | Líder de produção | Ajustar as garras da injetora no molde com chave de boca 30 mm | 98 | X | |
| 20 | Líder de produção | Conectar as mangueiras de refrigeração no molde | 52 | X | |
| 21 | Líder de produção | Conectar o regulador de temperatura no molde | 25 | X | |
| 22 | Encarregado de injeção | Regular máquina | 50 | X | |
| Total: | | | 1797 | | |

Fonte: elaborado pelo autor

Vale ressaltar que a atividade de “buscar a talha” é realizada internamente, atualmente, visto que o operador apenas busca esse equipamento após a parada da máquina. Assim como ela, a atividade de retirar o molde também é interna.

Após listadas as atividades do *setup*, elaborou-se um gráfico de pareto para identificar as atividades mais críticas, ou seja, as que mais demandam tempo e impactam no *setup*:

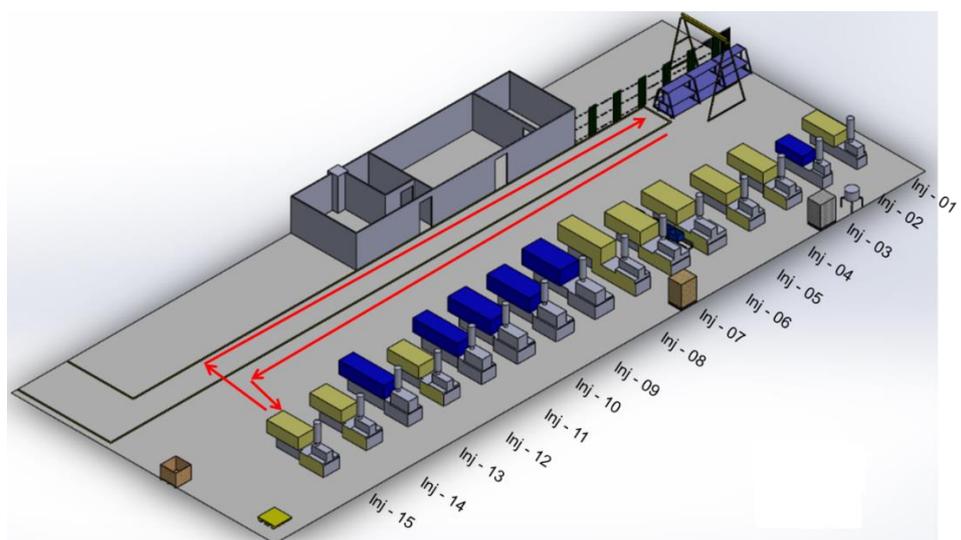
Gráfico 03 – Pareto das atividades críticas do *setup*

Fonte: elaborado pelo autor

Listadas as atividades, todas as atividades críticas foram analisadas para, em seguida, ser possível propor melhorias para reduzir o tempo de *setup*, chegando mais próximo ao SMED proposto por Shingo (2002) e buscando eliminar ajustes, além de localizar os equipamentos de troca mais próximos ao alcance do operador. Assim, chegou-se às seguintes análises:

- Atividade de buscar a talha: a talha é um equipamento grande e pesado, utilizado para retirar e reinserir o molde na injetora. Para buscar o equipamento, o operador realiza o caminho, conforme o gráfico *spaguetti* da figura 24.

Figura 24 – Diagrama de spaguetti para movimentação da talha



Fonte: elaborado pelo autor

Assim, percebe-se que o colaborador não possui essa ferramenta de troca facilmente ao seu alcance, o que atrasa o processo de troca. Mais adiante, será proposta uma solução de Troca Rápida dos Moldes que suprime a necessidade da talha.

- Retirar o molde da injetora e fixar o molde na injetora: essas duas atividades, muito semelhantes, levam muito tempo, em função de ser um processo muito manual. O operador deve checar diversas vezes se o molde foi bem encaixado na talha e na injetora, com o objetivo de evitar acidentes, o que acarreta em uma grande perda por ajustes;
- Posicionar a talha na injetora: como já ressaltado, a talha é uma ferramenta com grande peso e com tamanho expressivo, o que dificulta a sua movimentação com grande precisão. Assim, o operador perde grande tempo para ajustar a talha ao local correto de retirada ou de inclusão do molde na injetora, aumentando o tempo de *setup*;
- Transporte do molde para armazenagem e transporte do molde de troca para a injetora: após a retirada do molde com a talha, o mesmo é transportado até o setor de armazenagem com o auxílio de um guindaste manual. Assim como nessa atividade, para transportar do armazém de moldes até a injetora, também se utiliza o guindaste manual. Assim como a talha, esse guindaste não fica disponível próximo ao operador, o que atrasa o processo, pois quem está trocando o molde deve se movimentar para buscá-lo;
- Ajuste das garras com chave de boca 30 mm: em função da chave de boca não ser adequada para a operação, pode haver uma má fixação do molde na injetora, o que atrasa o *setup*. A chave de boca 30 mm é conectada a outra para rotacionar, caracterizando um “improvisado”;
- Armazenar o molde na prateleira e retirar o molde da prateleira: essa operação, em alguns casos, despende uma grande quantidade de tempo, além de haver riscos de acidente, pois o processo é muito manual, necessitando da talha ou do guindaste manual, o que atrasa o *setup*;

Após enumeradas e investigadas as principais atividades do *setup*, propõem-se algumas melhorias para reduzir movimentações e agilizar alguns ajustes, tais como:

- Atividade de buscar a talha: a talha poderia ser buscada e já posicionada na injetora ainda com a máquina rodando, transformando em uma atividade externa. Assim, essa atividade seria realizada antes das três primeiras, que são “Fechar o funil”, “Aguardar a secagem do cilindro” e “Parar a máquina”, o que reduziria movimentação e, conseqüentemente, o longo tempo que é para transportar essa talha. Ademais, outra solução é substituir a talha por uma ponte rolante, o que também agregaria muito ao processo de *setup*, eliminando movimentações desnecessárias e ajustes da talha à injetora, outra atividade crítica que não agrega valor. A figura 25 representa uma ponte rolante;

Figura 25 – Sistema de ponte rolante integrada ao processo de *setup*



Fonte: elaborado pelo autor

Assim, essa atividade seria realizada antes das três primeiras, que são “Fechar o funil”, “Aguardar a secagem do cilindro” e “Parar a máquina”, o que reduziria movimentações, transportes e, conseqüentemente, o longo tempo que é para transportar essa talha e posicioná-la na injetora.

- Retirar o molde da injetora e fixar o molde na injetora: a ponte rolante representada na figura aceleraria o tempo de retirada dos moldes e fixação dos mesmos, uma vez que a mesma seria programada já com os ajustes necessários para realizar a atividade, sem a necessidade desses recorrentes ajustes. Evitaria, também, acidentes de trabalho, uma vez que, quando o molde não está totalmente fixo à talha, é possível a ocorrência de queda desse material;

- Transporte do molde para armazenagem e transporte do molde de troca para a injetora: a primeira opção seria posicionar o guindaste manual próximo às injetoras. Os mesmos poderiam se localizar atrás dessas injetoras e não próximo ao local de armazenagem, o que reduziria as movimentações desnecessárias, que não mesmos, uma vez que a mesma seria programada já com os ajustes necessários para realizar a atividade, sem a necessidade desses recorrentes ajustes. Evitaria, também, acidentes de trabalho, uma vez que, quando o molde não está totalmente fixo à talha, é possível a ocorrência de queda desse material. Ademais, outra solução para acelerar esse transporte seria a compra de um carro para *setup* tracionário, um equipamento muito utilizado em sistemas de “Troca Rápida de Moldes” conforme a figura 26 exemplifica;

Figura 26 – Carro para *setup* tracionário



Fonte: < <http://www.brasfixo.com.br/produto.php?c=NDEx> >

- Ajuste das garras com chave de boca 30 mm: nessa atividade, propõe-se a troca da chave de boca 30 mm por uma chave catraca pneumática. Assim, seriam eliminados os “improvisos” realizados pelos operadores, além de haver um ganho de tempo, em função do menor esforço realizado pelo operador;

- Armazenar o molde na prateleira e retirar o molde da prateleira: essa atividade poderia ser facilitada com a introdução de uma prateleira deslizante, que eliminaria a necessidade de utilização da talha para retirada dos moldes que se encontram armazenados em posições superiores ou no meio da prateleira de armazenagem. A figura 27 relata um exemplo de como seria a solução.

Figura 27 – Solução de prateleira deslizante



Fonte: <<http://www.brasfixo.com.br/produto.php?c=Mzgw>>

As soluções apresentadas reduzem ajustes e diminuem movimentações e transportes, transformando algumas atividades realizadas com a máquina parada, ou seja, as atividades internas em atividades executadas com a máquina em operação, as atividades externas. Após as proposições, poderão ser suprimidas atividades críticas que demandam muito tempo, como “buscar a talha” e “posicionar a talha na injetora plástica” e “buscar guindaste manual”, por exemplo. O tempo calculado, após as proposições, foi de 20,8 minutos, chegando próximo à meta de 30% de redução do tempo de *setup*. O orçamento das soluções e o retorno do investimento está demonstrado no quadro 09.

Quadro 09 – Orçamento das soluções propostas para a Troca Rápida dos Moldes

| Material | Quantidade | Preço unitário | Investimento total |
|-------------------------|------------|----------------|--------------------|
| Ponte rolante | 1 | R\$ 100.000,00 | R\$ 100.000,00 |
| Carro tracionário | 1 | R\$ 20.000,00 | R\$ 20.000,00 |
| Prateleira deslizante | 2 | R\$ 10.000,00 | R\$ 20.000,00 |
| Total do investimento = | | | R\$ 140.000,00 |

Fonte: elaborado pelo autor

Atualmente, dois líderes de produção em cada turno são responsáveis por realizar os *setups* das injetoras, totalizando quatro líderes. Após a implantação das soluções, será necessário apenas um líder por turno, totalizando dois líderes no total.

Assim, o retorno do investimento levou em conta a redução de mão de obra, chegando, então, à análise de viabilidade do quadro 10.

Quadro 10 – Análise de viabilidade da implantação de soluções para a Troca Rápida dos Moldes

| Análise de viabilidade | |
|-------------------------------|----------------|
| Investimento = | R\$ 140.000,00 |
| Retorno (em 12 meses) = | R\$ 96.000,00 |
| Payback = | 1.46 anos |

Fonte: elaborado pelo autor

A tabela 14 representa as atividades do *setup* após as soluções propostas, reduzindo atividades de ajustes para retirada dos moldes e posicionando as ferramentas de troca dos moldes próximas ao operador.

Tabela 14 – Atividades do *setup* de troca de moldes após soluções propostas

| Nº | Executor | Atividades | Tempo (segundos) | Atividade Interna | Atividade Externa |
|---------------|------------------------|---|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Líder de produção | Fechar o funil | 5 | | X |
| 2 | Líder de produção | Aguardar a secagem do cilindro | 10 | | X |
| 3 | Líder de produção | Parar a máquina | 27 | | X |
| 4 | Líder de produção | Passar ar comprimido na refrigeração dos moldes | 58 | X | |
| 5 | Líder de produção | Limpar as faces do molde com um pano | 118 | X | |
| 6 | Líder de produção | Passar protetivo no molde | 152 | X | |
| 7 | Líder de produção | Colocar a etiqueta de identificação, conforme o status do molde | 4 | X | |
| 8 | Líder de produção | Retirar molde | 190 | X | |
| 9 | Líder de produção | Fixar o molde no guindaste manual | 15 | X | |
| 10 | Líder de produção | Transportar o molde para a prateleira | 116 | X | |
| 11 | Líder de produção | Guardar o molde na prateleira, conforme endereçamento | 21 | X | |
| 12 | Líder de produção | Transportar o molde de troca até a injetora desejada | 119 | X | |
| 13 | Líder de produção | Fixar o molde na injetora | 190 | X | |
| 14 | Líder de produção | Ajustar as garras da injetora no molde com chave de boca 30 mm | 98 | X | |
| 15 | Líder de produção | Conectar as mangueiras de refrigeração no molde | 52 | X | |
| 16 | Líder de produção | Conectar o regulador de temperatura no molde | 25 | X | |
| 17 | Encarregado de injeção | Regular máquina | 50 | X | |
| Total: | | | 1250 | | |

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, espera-se que seja alcançada a redução de, aproximadamente, 10 minutos do tempo de *setup* para reduzir as perdas planejadas e contribuir para o aumento em 15% das capacidades efetivas.

4.3.3 Implantação da Manutenção Produtiva Total

Dando continuidade, a terceira etapa de implantação das ferramentas, técnicas e conceitos produtivos diz respeito a adoção da Manutenção Produtiva Total, uma ferramenta do *Lean Manufacturing*, baseando-se em seus oito pilares e seguindo doze fases para a implantação abordados no referencial teórico deste trabalho. Busca-se, assim, o “defeito zero”, a redução de perdas não planejadas relacionadas às paradas de máquinas em função manutenções corretivas e, como consequência, a maior disponibilidade das injetoras ao longo dos dias trabalhados.

A empresa estudada adota três tipos de manutenção no setor de plásticos, sendo eles: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. Essa atuação ocorre com o suporte de um setor de manutenção centralizado, ou seja, não há recursos de manutenção nas unidades de produção, os quais são atendidos conforme disponibilidade e prioridade dos serviços.

Para gerenciamento das manutenções, são utilizados dois *softwares* e planilhas em excel. Primeiramente, para as manutenções corretivas, aquelas não planejadas pelo setor, são requisitadas por meio de um sistema chamado “GLPI Manutenção”, conforme exemplifica a figura 28.

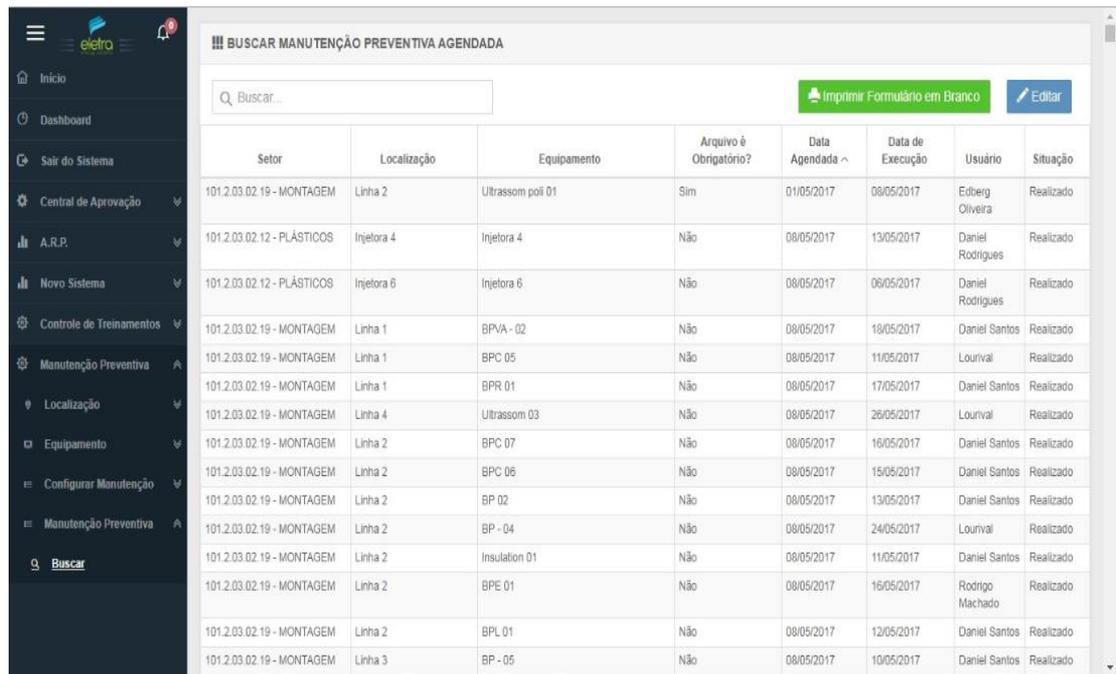
Figura 28 – Sistema GLPI para requisição de manutenção corretiva

Fonte: empresa estudada

O operador, ao gerar um chamado, especifica a categoria do problema, a urgência, a localização do setor e, finalizando, descreve detalhadamente a anomalia verificada, para que sejam tomadas as devidas providências com a finalidade de corrigi-la.

Prosseguindo, o segundo tipo de manutenção adotada na companhia é a manutenção preventiva. Essas manutenções programadas são introduzidas no banco de dados da empresa, de acordo com os requisitos e manuais de fabricação de cada máquina. Para gerenciamento e controle, utiliza-se um sistema de gestão integrada desenvolvido internamente. As figuras 29 e 30 representam as telas de manutenção preventiva.

Figura 29 – Sistema de gestão das manutenções preventivas

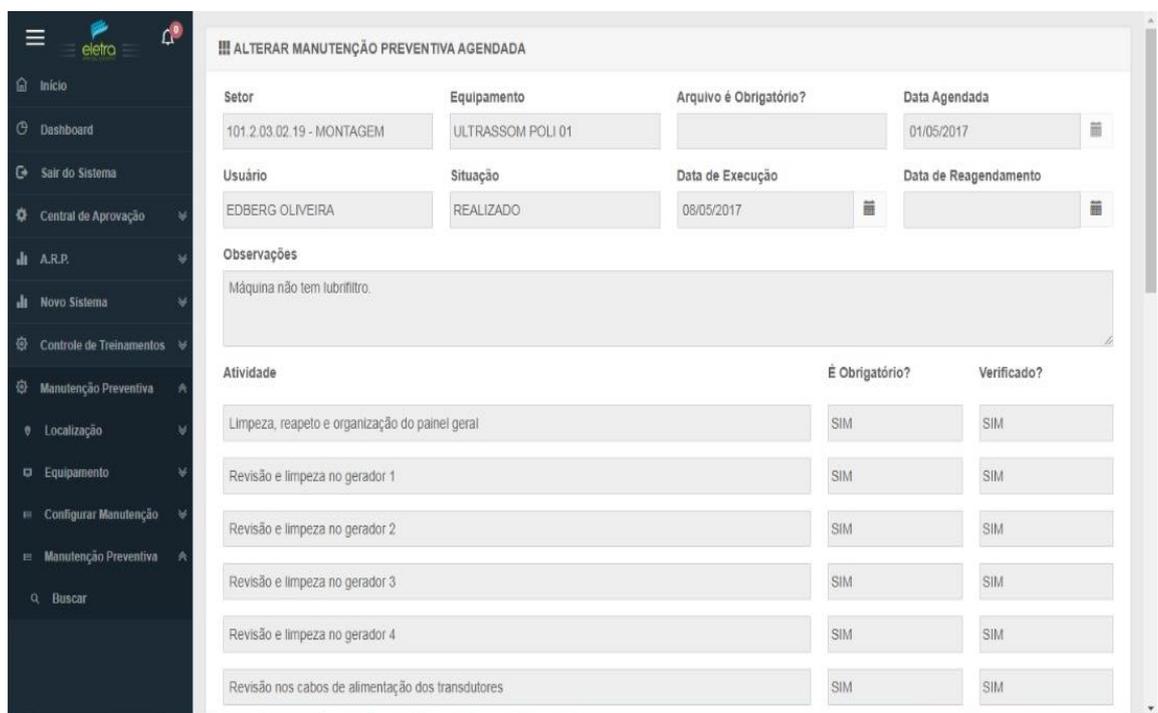


Interface de busca de manutenções preventivas agendadas. O sistema exibe uma tabela com os seguintes dados:

| Setor | Localização | Equipamento | Arquivo é Obrigatório? | Data Agendada | Data de Execução | Usuário | Situação |
|----------------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------|------------------|------------------|-----------|
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | Ultrassom poli 01 | Sim | 01/05/2017 | 08/05/2017 | Edberg Oliveira | Realizado |
| 101.2.03.02.12 - PLÁSTICOS | Injetora 4 | Injetora 4 | Não | 08/05/2017 | 13/05/2017 | Daniel Rodrigues | Realizado |
| 101.2.03.02.12 - PLÁSTICOS | Injetora 6 | Injetora 6 | Não | 08/05/2017 | 09/05/2017 | Daniel Rodrigues | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 1 | BPVA - 02 | Não | 08/05/2017 | 18/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 1 | BPC 05 | Não | 08/05/2017 | 11/05/2017 | Lourival | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 1 | BPR 01 | Não | 08/05/2017 | 17/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 4 | Ultrassom 03 | Não | 08/05/2017 | 26/05/2017 | Lourival | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BPC 07 | Não | 08/05/2017 | 16/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BPC 06 | Não | 08/05/2017 | 19/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BP 02 | Não | 08/05/2017 | 13/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BP - 04 | Não | 08/05/2017 | 24/05/2017 | Lourival | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | Insulation 01 | Não | 08/05/2017 | 11/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BPE 01 | Não | 08/05/2017 | 16/05/2017 | Rodrigo Machado | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 2 | BPL 01 | Não | 08/05/2017 | 12/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | Linha 3 | BP - 05 | Não | 08/05/2017 | 10/05/2017 | Daniel Santos | Realizado |

Fonte: empresa estudada

Figura 30 – Sistema de manutenções preventivas detalhando manutenção



Interface de alteração de manutenção preventiva agendada. O sistema exibe os seguintes dados detalhados:

| Setor | Equipamento | Arquivo é Obrigatório? | Data Agendada |
|---------------------------|-------------------|------------------------|---------------|
| 101.2.03.02.19 - MONTAGEM | ULTRASSOM POLI 01 | | 01/05/2017 |

| Usuário | Situação | Data de Execução | Data de Reagendamento |
|-----------------|-----------|------------------|-----------------------|
| EDBERG OLIVEIRA | REALIZADO | 08/05/2017 | |

Observações: Máquina não tem lubrificante.

| Atividade | É Obrigatório? | Verificado? |
|---|----------------|-------------|
| Limpeza, reapeto e organização do painel geral | SIM | SIM |
| Revisão e limpeza no gerador 1 | SIM | SIM |
| Revisão e limpeza no gerador 2 | SIM | SIM |
| Revisão e limpeza no gerador 3 | SIM | SIM |
| Revisão e limpeza no gerador 4 | SIM | SIM |
| Revisão nos cabos de alimentação dos transdutores | SIM | SIM |

Fonte: empresa estudada

O sistema de gestão integrada divide as manutenções por setor, localização, equipamento, data agendada, data de execução, usuário e situação (realizada ou reagendada). Esse sistema possui uma opção que auxilia o técnico de manutenção, detalhando cada atividade a ser realizada na manutenção preventiva.

O terceiro tipo de manutenção adotada na empresa é a manutenção preditiva. Essa manutenção é monitorada e estudada por meio de planilhas em excel. No setor de plásticos a meta é manter a máquina com uma temperatura abaixo de 50° C, de acordo com recomendações do fabricante. O setor de manutenção acompanha a termografia das 15 injetoras. Os estudos foram iniciados em março de 2017 e as temperaturas são registradas de 04 em 04 meses, gerando tomada de decisão, conforme meta estabelecida. A tabela 15 representa esse acompanhamento.

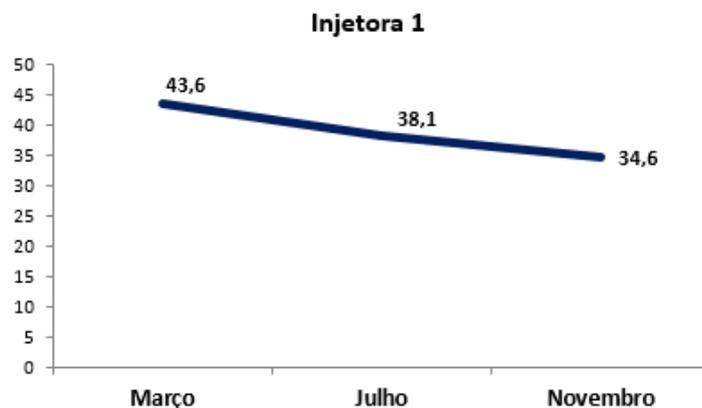
Tabela 15 – Histórico de temperatura das manutenções preditivas

| Injetora | 2017 | | | 2018 | | |
|----------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| | Março (°C) | Julho (°C) | Novembro (°C) | Março (°C) | Julho (°C) | Novembro (°C) |
| Maq.1 | 43,6 | 38,1 | 34,6 | 36,2 | 37,2 | |
| Maq. 2 | 42,0 | 45,4 | 39,7 | 41,3 | 42 | |
| Maq.3 | 41,2 | 46,6 | 42,3 | 40,1 | 43 | |
| Maq.4 | 44,2 | 35,2 | 41,1 | 41,2 | 38,4 | |
| Maq.5 | 43,8 | 44,6 | 40,7 | 42,7 | 42,3 | |
| Maq.6 | 34,0 | 40,0 | 35,2 | 38,5 | 39,7 | |
| Maq.7 | 44,2 | 63,5 | 57,6 | 54,8 | 58,6 | |
| Maq.8 | 41,0 | 48,7 | 64,2 | 60,2 | 63,2 | |
| Maq.9 | 69,9 | 48,7 | 59,1 | 55,7 | 53,9 | |
| Maq.10 | 48,6 | 68,1 | 31,3 | 42,9 | 43 | |
| Maq.11 | 48,8 | 46,0 | 34,6 | 43,9 | 44 | |
| Maq.12 | 38,4 | 37,8 | 38,4 | 34,6 | 37,8 | |
| Maq.13 | 53,3 | 55,8 | 50,6 | 52,5 | 51,3 | |
| Maq.14 | 39,2 | 39,1 | 37,8 | 38,6 | 39,9 | |
| Maq.15 | 0,0 | 0,0 | 35,3 | 37,3 | 38 | |

Fonte: empresa estudada

Feito isso, são gerados gráficos para analisar a variação da temperatura em cada injetora, como pode ser visto no exemplo da injetora 01, abordado no gráfico 04.

Gráfico 04 – Gráfico de acompanhamento da termografia em uma injetora



Fonte: empresa estudada

Em seguida, são tomadas as decisões, indicando equipamento, ação, responsável, a data da próxima leitura e a gravidade, relatadas na figura 31.

Figura 31 – Tomada de decisão após o estudo da manutenção

| Equipamento | AÇÃO | RESPONSÁVEL | PRÓXIMA LEITURA | GRAVIDADE |
|-------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Injetora 1 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 2 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 3 | Aplicar aditivo ant-atrito | Técnico de manutenção | Agosto de 2017 | |
| Injetora 4 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 5 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 6 | Aplicar aditivo ant-atrito | Técnico de manutenção | Agosto de 2017 | |
| Injetora 7 | Aplicar aditivo ant-atrito | Técnico de manutenção | Agosto de 2017 | |
| Injetora 8 | Aplicar aditivo ant-atrito | Técnico de manutenção | Agosto de 2017 | |
| Injetora 9 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 10 | Substituir rolamento | Técnico de manutenção | Preventiva programada para Setembro | |
| Injetora 11 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 12 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 13 | Aplicar aditivo ant-atrito | Técnico de manutenção | Agosto de 2017 | |
| Injetora 14 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |
| Injetora 15 | Acompanhar evolução | Supervisor de manutenção | Novembro de 2017 | |

Fonte: empresa estudada

Atualmente, os operadores das diversas injetoras não estão integrados às manutenções. Não realizam alguns procedimentos, como lubrificações, trocas de óleo, limpezas, inspeções, dentre outros, defendidas pela Manutenções Produtiva Total para atingir a “quebra zero”, ou seja, não possuem um “sentimento de dono” do equipamento, defendido pela TPM. Para reverter o atual cenário, é proposta a metodologia abaixo, abordada no quadro 01 do referencial teórico deste trabalho:

- Fase 1: Preparação da implantação
 - Decisão estratégica: nessa primeira etapa, deve-se convocar uma reunião estratégica com as principais lideranças para tomar a decisão de adotar um programa de Manutenção Produtiva Total, tendo o setor de Plásticos como um projeto piloto.
 - Treinamento inicial: poderão ser oferecidos cursos aos colaboradores do setor, ressaltando os conceitos da TPM como manutenção autônoma, capacitando os operadores a serem polivalentes e explicando os 8 sensos, que são organização, arrumação, limpeza, padronização, disciplina, treinamento, eliminação de perdas e determinação.
 - Estruturação organizacional: nessa terceira etapa, poderão ser formados comitês e grupos. Cada grupo pode ser responsável por 04 injetoras, ficando um dos grupos com 03 injetoras, já que são 15.
 - Estabelecimento de diretrizes: são criadas metas e definidos indicadores para as quebras nas injetoras. O foco da meta deve ser a “quebra zero”,

com os colaboradores envolvidos na manutenção e sempre atentos aos possíveis defeitos que poderão ser gerados.

- Planejamento da implantação: o planejamento pode ser realizado com a contribuição de softwares de gerenciamento de projetos, com o estabelecimento de um escopo do projeto, estrutura analítica de projeto e cronogramas.

- Fase 2: introdução da TPM

- Comunicação das diretrizes: para a comunicação das diretrizes, pode ser utilizada uma matriz 6W2H (*What, Who, Where, Why, When, Wins, How e How Much*), indicando o que fazer, quem vai fazer, onde será feito, por que fazer, quando será feito, ganhos, como fazer e quanto custará.

- Fase 3: implantação da TPM

- Melhoria específica: nessa etapa, o foco é reduzir as perdas que impactam o indicador de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Na empresa estudada, o OEE médio do período de outubro de 2017 a outubro de 2018 foi de 90%. As perdas por falhas nas injetoras já são baixas, em função das manutenções preventivas e preditivas. Já as perdas por *setup* e ajustes serão reduzidas pela implantação do sistema de Troca Rápida de Ferramentas. Prosseguindo, as perdas por pequenas paradas e ociosidade poderão ser supridas pela adaptação do processo ao *Just in Time*, com algumas automações. Além disso, nesse estágio busca-se descobrir as raízes dos problemas, podendo ser aplicada o Diagrama de Ishikawa ou a técnica dos “05 porquês”.

- Melhoria autônoma: para a maior integração dos funcionários de injeção com suas respectivas injetoras, trazendo o “sentimento de dono”, propõe-se o treinamento para a realização de procedimentos de limpeza das carenagens das injetoras, troca de óleo e lubrificantes, quando necessário, e inspeções diárias, para identificação de ruídos estranhos aos habituais. Ademais, treinamentos contínuos de segurança do trabalho são essenciais para a redução de acidentes e continuidade do programa de TPM, visto que os colaboradores possuem funções diferentes das que estão sendo requisitadas. A implantação de *checklists* é essencial para o fiel cumprimento dos passos a serem seguidos.

- Melhoria planejada: o setor de plásticos já possui uma manutenção planejada bem definida, com manutenções preventivas e preditivas, o que contribui para essa etapa. Uma melhoria seria incluir uma tela no ERP para o acompanhamento da manutenção preditiva, uma vez que, atualmente, o sistema abrange apenas as manutenções corretivas e preventivas.
- Controle: o controle pode ser realizado no próprio ERP da empresa. Pode-se criar uma tela com um gráfico de controle com a dispersão do indicador de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).
- Manutenção da Qualidade: nessa etapa, pode-se aplicar a abordagem *Kaizen*, com a criação de grupos *Kaizen*, que utilizarão, constantemente, ferramentas como o PDCA, diagrama de causa e efeito e 5W2H para encontrar e tratar a causa raiz dos problemas nas injetoras que causam paradas das máquinas. Propõe-se a criação de um grupo de 04 pessoas, totalizando 07 grupos de 04 pessoas e 01 grupo com 05 pessoas. Para o relato das anomalias e o acompanhamento de seu tratamento com as ferramentas abordadas, pode ser criado um local próprio para isso, denominado *Lean Corner*, conforme demonstrado na figura 32. Esse *Lean Corner* funcionará da seguinte maneira: diariamente, ao final do dia, após relatos dos operadores, o líder de produção indicará em um quadro todas as anomalias verificadas pelos operadores em relação a potenciais motivos de quebras das máquinas, como por exemplo: ruídos estranhos, ciclo de produção anormal, velocidade da esteira na unidade de produção, dentre outros. No dia seguinte, pode haver uma reunião entre o líder de produção, o técnico de processos e o coordenador, que discutirão como prever e eliminar os riscos de quebra das máquinas.

Figura 32 – *Lean Corner* para apoio ao *Kaizen*



- Segurança, saúde e meio ambiente: a empresa estudada já adota programas de prevenção de acidentes do trabalho, incentivando a participação de todos por meio do seu “canal de segurança”, no qual o operador relata os potenciais casos de acidentes de trabalho, sendo recompensado com prêmios aquele que mais relata esses casos. No âmbito da saúde, são realizadas ginásticas diárias, exames médicos mensais e intervenção diária do SESMT (setor de Segurança do Trabalho) em todos os setores, inclusive o de plásticos, com o intuito de conscientização dos colaboradores a respeito das diversas doenças ocupacionais. A melhoria seria ampliar esses programas à implantação da TPM, principalmente aos operários das injetoras que participarão ativamente das manutenções.

- Fase 4: consolidação do programa de TPM

- Aprimoramento de todo o programa: essa etapa consiste em análise e correção de desvios. É proposto a análise a cada 03 meses da efetividade do programa, assim como acontece no monitoramento das manutenções preditivas, atualmente. Para isso, pode-se analisar por meio de um gráfico de barras os tempos de parada de máquina a cada 03 meses. Após isso, propõe-se a elaboração de um gráfico de Pareto para determinar o foco de atuação dos problemas. Para finalizar, corrige-se os prováveis desvios com planos de ação, utilizando a ferramenta 5W2H. É válido, também, a proposição de novas metas para o indicador de OEE e outros.

Seguidas as 04 fases abordadas e implantada a TPM, será possível aumentar o indicador de OEE e reduzir as paradas não planejadas de máquina acarretadas por quebras das injetoras. Assim, a implantação do programa de TPM será útil para atingir a meta de aumento da capacidade efetiva estabelecida na fase 01 deste trabalho.

4.3.4 Estudo de Tempos e Métodos

A quarta etapa da fase 03 possui o objetivo de estudar os tempos e métodos do atual processo produtivo das unidades de produção no setor de plásticos, focando, dentre outros fatores, na etapa de retirada de rebarba dos plásticos e

aplicando ferramentas como gráfico de fluxo do processo, cronoanálise para cálculo do tempo padrão, gráfico homem-máquina e gráfico da mão direita-mão esquerda.

O estudo de tempos e métodos foi aplicado na operação de retirar a rebarba das peças plásticas. Esse estudo foi realizado na operação de retirada da rebarba de bases plásticas monofásicas, uma das peças prioritárias para aumento da capacidade. Foi elaborado um gráfico de fluxo do processo, com o objetivo de registrar as sequências fixas e constantes do processo, identificando as atividades que agregam valor e as que não agregam valor. O quadro 11, por meio de um gráfico de fluxo de processo, representa o atual método de retirada de rebarba das peças plásticas.

Quadro 11 – Fluxo de processo atual do processo de retirada da rebarba de bases monofásicas

| Mapeamento do Processo | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|--------------------------|-------------------|-------------|
| Nome do Processo: Retirar a rebarba das peças plásticas | | Método: Atual <input checked="" type="checkbox"/> Proposto <input type="checkbox"/> | | Time: setor de Plásticos | Data: 01/11/2018 | |
| Atividade | Descrição do Processo | Agrega Valor | Não Agregação Valor | Distância em centímetros | Tempo em segundos | Responsável |
| | Aguardar primeira peça chegar pela esteira | | X | 150 | 3 | Operador |
| | Retirar primeira peça da esteira | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba superior da peça plástica com o alicate | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba lateral com estilete | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Checar em toda a peça se ainda há rebarba | | X | 20 | 2 | Operador |
| | Aguardar segunda peça chegar pela esteira | | X | 20 | 3 | Operador |
| | Retirar segunda peça da esteira | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba superior da peça plástica com o alicate | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba lateral com estilete | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Checar em toda a peça se ainda há rebarba | | X | 20 | 2 | Operador |
| | Empilhar as duas peças para armazenagem | | X | 10 | 2 | Operador |
| | Armazenar as duas peças no caixote | | X | 10 | 2 | Operador |

Fonte: elaborado pelo autor

As sugestões propostas englobam a eliminação de tarefas que não agregam valor, sendo elas as seguintes:

- Checar em toda a peça se ainda há rebarba: esta atividade, que não agrega valor pode ser eliminada com a elaboração de uma instrução de trabalho, inexistentes no setor, ou seja, os operadores não cumprem um padrão pré-estabelecido, realizando a atividade de acordo com suas experiências.

- Empilhar as duas peças para armazenagem: essa atividade, que também não agrega valor ao processo pode ser suprimida com uma mudança na técnica de armazenagem. Hoje em dia, as peças plásticas são armazenadas empilhadas uma na outra, na horizontal. Uma sugestão de mudança que eliminaria a atividade seria a implantação de divisórias de papelão nos caixotes para armazenagem das peças na direção vertical, uma a uma.

- Armazenar as peças no caixote: não é possível eliminar por inteiro essa atividade. Uma forma de reduzir o tempo seria a proposição do item anterior, já que não haveria os ajustes de armazenamento nos caixotes, pois as divisórias teriam o tamanho exato das peças.

Quadro 12 – Fluxo de processo proposto do processo de retirada da rebarba de bases monofásicas

| Mapeamento do Processo | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| Nome do Processo: Retirar a rebarba das peças plásticas | | Método: Atual <input type="checkbox"/> Proposto <input checked="" type="checkbox"/> | | Time: setor de Plásticos | | Data: 16/11/2018 |
| Atividade | Descrição do Processo | Agrega Valor | Não Agregação Valor | Distância em centímetros | Tempo em segundos | Responsável |
| | Aguardar primeira peça chegar pela esteira | | X | 150 | 3 | Operador |
| | Retirar primeira peça da esteira | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba superior da peça plástica com o alicate | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba lateral com estilete | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Aguardar segunda peça chegar pela esteira | | X | 20 | 3 | Operador |
| | Retirar segunda peça da esteira | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba superior da peça plástica com o alicate | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Retirar rebarba lateral com estilete | X | | 20 | 1 | Operador |
| | Armazenar as duas peças no caixote | | X | 10 | 2 | Operador |

Fonte: elaborado pelo autor

Feito isso, o passo seguinte foi a elaboração de um gráfico homem-máquina para a retirada de rebarba de uma peça plástica, encontrando o tempo padrão da atividade. Esse passo foi realizado com o apoio do técnico do setor de Engenharia de Processos, visto ser o setor responsável por esse tipo de mensuração. Vale ressaltar que a empresa estudada não possui nenhum tempo padrão medido para o setor. O quadro 13 mostra o gráfico homem-máquina para a operação de retirada de rebarba.

Quadro 13 – Gráfico homem-máquina do processo de retirada de rebarba

| Operação: retirada de rebarba das peças plásticas | | | | | |
|---|-----------|-------------|---------------------------------|-----------|-------------|
| Empresa em estudo | | | | | |
| Operador | Tempo (s) | | Esteira automática da injetora | Tempo (s) | |
| Aguardar peça ser produzida | 9 | Parado | Aguardar peça 01 ser produzida | 9 | Parado |
| Aguardar peça chegar pela esteira | 3 | Parado | Transportar peça até o operador | 3 | Em execução |
| Retirar primeira peça da esteira | 1 | Em execução | Aguardar peça 02 ser produzida | 1 | Parado |
| Retirar rebarba superior da peça plástica com o alicate | 1 | Em execução | Aguardar peça 02 ser produzida | 1 | Parado |
| Retirar rebarba lateral com estilete | 1 | Em execução | Aguardar peça 02 ser produzida | 1 | Parado |
| Checar em toda a peça se ainda há rebarba | 2 | Em execução | Aguardar peça 02 ser produzida | 2 | Parado |

Fonte: elaborado pelo autor

Elaborou-se, então, uma tabela resumo de todas as atividades de retirada da rebarba, chegando aos resultados da tabela 16.

Tabela 16 – Atividades de retirada da rebarba

| | Operador | Injetora |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Tempo em espera | 12 segundos | 14 segundos |
| Tempo em trabalho | 05 segundos | 03 segundos |
| Tempo total do ciclo | 17 segundos | 17 segundos |
| Utilização (em %) | 05/17 = 29,41 % | 03/17 = 17,64 % |

Fonte: elaborado pelo autor

A próxima etapa consistiu em dividir todas as atividades em elementos, os mesmos relatados no gráfico de fluxo do processo e, por meio da cronoanálise, realizar a medição dos tempos de operação. Primeiramente, para cada elemento, foram realizadas 05 medições. Em seguida, calculou-se o tempo máximo, o tempo médio e o tempo mínimo para cada elemento. A tabela 17 representa essa análise.

Tabela 17 – Medições dos elementos

| Nº do elemento | Medições (segundos) | | | | Tempo máximo | Tempo médio | Tempo mínimo | |
|----------------|---------------------|-------------|-------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | 2.5 | 3.2 | 3.1 | 3.4 | 3 | 3.4 | 3.04 | 2.5 |
| 2 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.3 | 1.1 | 1.3 | 1.02 | 0.8 |
| 3 | 1.2 | 1.3 | 0.7 | 1.2 | 1 | 1.3 | 1.08 | 0.7 |
| 4 | 1.1 | 1.2 | 0.8 | 1.4 | 0.9 | 1.4 | 1.08 | 0.8 |
| 5 | 2.3 | 2 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.02 | 1.8 |
| 6 | 3.1 | 2.9 | 2.8 | 3.2 | 3 | 3.2 | 3 | 2.8 |
| 7 | 1.1 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.2 | 1 | 0.8 |
| 8 | 1 | 1 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 1.3 | 1 | 0.8 |
| 9 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.02 | 0.8 |
| 10 | 2.3 | 1.8 | 1.9 | 1.8 | 2 | 2.3 | 1.96 | 1.8 |
| 11 | 2 | 2 | 1.9 | 2 | 2 | 2 | 1.98 | 1.9 |
| 12 | 2.1 | 2.2 | 1.8 | 1.9 | 2 | 2.2 | 2 | 1.8 |
| Total | 20.7 | 20.5 | 18.8 | 21 | 20 | 23.1 | 20.2 | 17.3 |

Fonte: elaborado pelo autor

O passo seguinte foi a determinação do número de ciclos a serem cronometrados. A tabela relata o total de tempo em cada uma das cinco observações. O nível de confiança é de 95%, com um erro relativo de $\pm 5\%$.

Tabela 18 – Tempos das 05 observações

| Observação | Leituras individuais (s) | Quadrado das leituras individuais (X^2) |
|--------------|--------------------------|---|
| 1 | 20.7 | 428.49 |
| 2 | 20.5 | 420.25 |
| 3 | 18.8 | 353.44 |
| 4 | 21 | 441 |
| 5 | 20 | 400 |
| Total | $\Sigma X = 101$ | $\Sigma X^2 = 2043.18$ |

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados encontrados atingiram as especificações, podendo ser classificados como o tempo cronometrado, com uma possibilidade de 95% de acerto. Após isso, o ritmo do operador foi analisado e calculado. Essa avaliação é muito criteriosa e difícil de ser realizada, uma vez que o ritmo do operador foi comparado com um ritmo normal, definido pelo executor do trabalho. Para o estudo, utilizou-se o sistema *Westinghouse*. Foram analisados: habilidade, esforço, condições e consistência dos movimentos. Encontrou-se os resultados na tabela 19, baseado em julgamento do analista responsável pela elaboração do estudo de tempos e métodos e levando em consideração o tempo normal da operação.

Tabela 19 – Resultados após a aplicação do sistema *Westinghouse*

| Variável | Medição |
|---------------------------|---------------|
| Habilidade excelente (B1) | + 0.11 |
| Esforço excelente (B2) | + 0.08 |
| Condições boa (C) | + 0.02 |
| Consistência boa (C) | + 0.01 |
| Total | + 0.22 |

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, chegou-se ao fator de avaliação de $1 + 0,22 = 1,22$. Assim, utilizou-se o somatório do tempo médio dos 12 elementos da tabela, sendo ele 20,2 segundos. Feito isso, chegou-se ao resultado da tabela 20.

Tabela 20 – Resultados do tempo normal da operação de retirada de rebarba

$$\begin{aligned} TN &= TS \times TF \\ TN &= 20.2 \times 1.22 \\ TN &= 24.65 \end{aligned}$$

Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se que o tempo normal calculado foi de 24,65 segundos. Esse tempo normal é o tempo que um operador, qualificado e devidamente instruído, levaria para realizar um ciclo da operação de retirar a rebarba de peças plásticas, não se tratando do tempo padrão, que é calculado após a inclusão das tolerâncias.

No trabalho realizado, foram levadas em consideração as tolerâncias relativas a atendimento de necessidades pessoais, como idas ao banheiro e a fadiga, ocasionada por posturas inadequadas, principalmente. Assim, chegou-se aos resultados da tabela 21.

Tabela 21 – Resultados após a aplicação das tolerâncias

| Tolerâncias | | |
|----------------|-----|-----------------|
| Pessoal | 5% | 1,2325 segundos |
| Fadiga | 5% | 1,2325 segundos |
| Total | 10% | 2,465 segundos |

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, é possível calcular o fator de tolerância:

$$FT = \frac{1}{1 - 0,10} = 1,11$$

Finalmente, calculou-se o tempo padrão da operação:

$$TP = TN \times FT$$

$$TP = 24,65 \times 1,11$$

$$TP = 27,36 \text{ segundos}$$

Como a empresa estudada não havia medido nenhum tempo padrão no setor de plásticos até o momento da realização deste trabalho, o mesmo contribuirá para os gestores conseguirem, no futuro, analisar e definir modelos de produção, avaliar a eficácia e eficiência dos operadores, tomando decisão a respeito de manter ou não manter colaboradores ou, ainda, treiná-los para aumentar sua produtividade, fornecer dados para levantamento dos custos de produção e dar informações a respeito do planejamento de capacidade futuro. Esses benefícios contribuirão para atingir o objetivo de 15% de aumento da capacidade, definido na fase 01 deste estudo.

A última técnica utilizada foi o gráfico da mão esquerda-mão direita. Por meio dele foi possível propor melhorias. Inicialmente, esse gráfico se comporta, conforme o quadro 14.

Quadro 14 – Mão esquerda-mão direita para retirada de rebarba

| Retirar rebarba das peças plásticas | | | | |
|---|----------|--|----------|---|
| Mão esquerda | Operação | | Operação | Mão direita |
| Retirar peça da esteira | | | | Parada |
| Segurar peça plástica | | | | Retirar rebarba superior com alicate |
| Segurar peça plástica | | | | Pegar estilete |
| Segurar peça plástica | | | | Retirar rebarba lateral com estilete |
| Revirar peça plástica para checar se ainda há rebarba | | | | Revirar peça plástica para checar se ainda há rebarba |
| Armazenar peça plástica | | | | Armazenar peça plástica |

Fonte: elaborado pelo autor

A proposta de melhoria seria padronizar movimentos simultâneos das duas mãos, chegando ao resultado do quadro 15.

Quadro 15 – Proposta de mão esquerda-mão direita para retirada de rebarba

| Retirar rebarba das peças plásticas | | | | |
|--------------------------------------|----------|--|----------|--------------------------------------|
| Mão esquerda | Operação | | Operação | Mão direita |
| Retirar peça da esteira | | | | Parada |
| Retirar rebarba superior com alicate | | | | Retirar rebarba superior com alicate |
| Segurar peça plástica | | | | Pegar estilete |
| Retirar rebarba lateral com estilete | | | | Retirar rebarba lateral com estilete |
| Armazenar peça plástica | | | | Armazenar peça plástica |

Fonte: elaborado pelo autor

Após a proposição das melhorias no gráfico da mão esquerda-mão direita e a mudança no fluxo, retirando atividades de espera e de inspeção, estima-se que haverá uma diminuição de 07 segundos para 05 segundos para cada peça plástica, havendo ganho de produtividade e, conseqüentemente, contribuindo para o aumento de 15% capacidade de produção efetiva do setor.

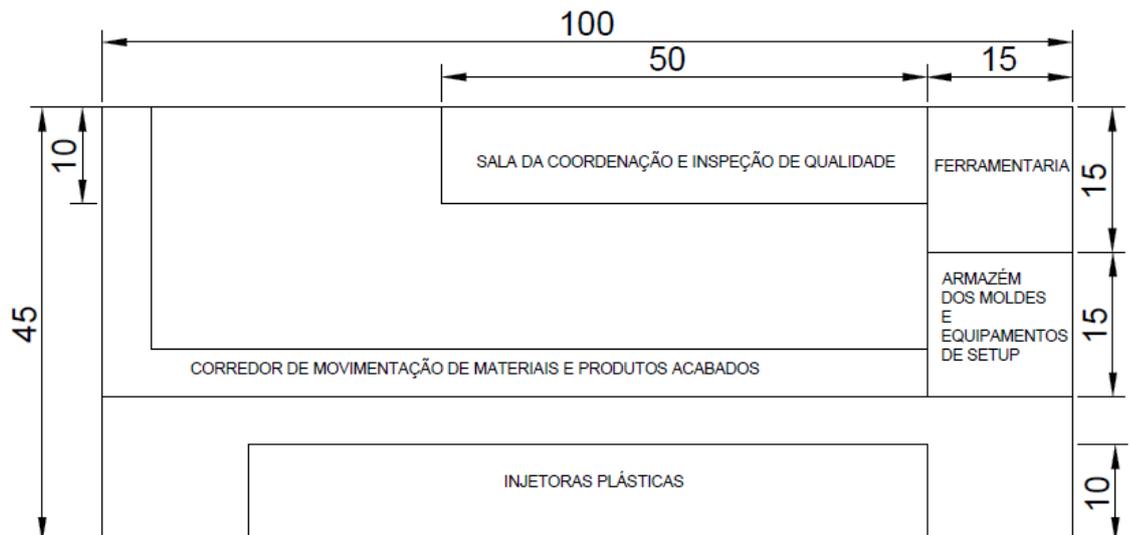
Assim, com as propostas apresentadas, os tempos e métodos de algumas atividades de injeção podem ser melhorados, contribuindo para o aumento da capacidade de produção objetivada.

4.3.5 Análise de *Layout*

A última etapa da fase 03 do método proposto consiste em estudar o arranjo físico do setor de plásticos, utilizando a ferramenta SLP (*Systematic Layout Planning* – Planejamento Sistemático de *Layout*). Essa etapa busca otimizar o processo, reduzindo algumas das sete perdas de produção, como movimentações desnecessárias, transportes e espera.

O setor em estudo possui 4500 m² de área construída. O *layout* atual do setor está representado na figura 33.

Figura 33 – *Layout* atual do setor

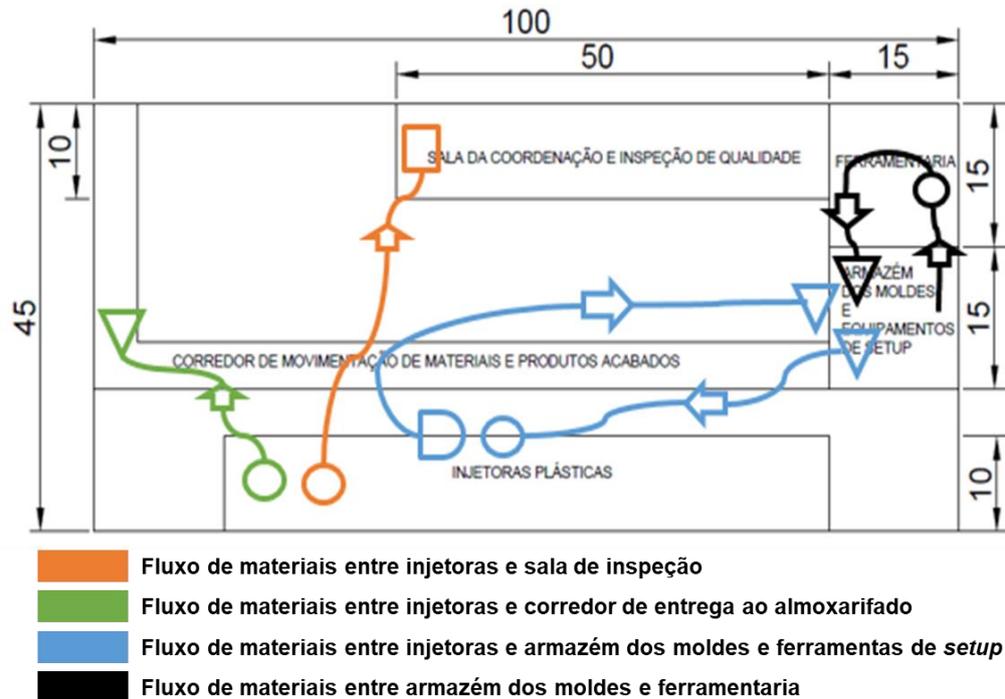


Fonte: elaborado pelo autor

A motivação para a alteração no arranjo físico está, principalmente, ligada aos *setups* da injetora. Como já relatado anteriormente, os líderes de produção não possuem as ferramentas de trocas e ajustes próximas ao local do *setup*, o que impacta

negativamente essa atividade. Assim, foi elaborado um mapofluxograma para analisar os principais fluxos no setor de plásticos, representado na figura 34.

Figura 34 – Mapofluxograma para análise das movimentações



Fonte: elaborado pelo autor

Assim, foi realizada uma análise qualitativa por meio de entrevistas com o coordenador do setor de plásticos, utilizando uma matriz 5W1H e uma matriz GUT para priorizar a melhoria dos fluxos. Essa análise está relatada no quadro 16.

Quadro 16 – Matriz 5W1H para priorização dos fluxos

| Matriz 5W1H | | | | |
|---|--------------------|---|---|---|
| O que? | Onde fica? | Como funciona? | Quando se utiliza? | Quem utiliza? |
| Fluxo de materiais entre injetoras e sala de inspeção | Setor de plásticos | Operador transporta uma peça para a qualidade a cada lote produzido | Ao finalizar um lote, uma peça é entregue à qualidade | Setor de plásticos e setor de qualidade |
| Fluxo de materiais entre injetoras e corredor de entrega ao almoxarifado | Setor de plásticos | Operador transporta três caixotes completos ao corredor de entrega ao almoxarifado | Ao preencher três caixotes, eles são transferidos ao corredor de entrega ao almoxarifado | Setor de plásticos e almoxarifado |
| Fluxo de materiais entre injetoras e armazém dos moldes e ferramentas de <i>setup</i> | Setor de plásticos | Operador transporta o molde até a injetora plástica que será realizado o <i>setup</i> | Ao ser necessário realizar um <i>setup</i> , o operador se dirige ao armazém para buscar o molde de troca | Setor de plásticos |
| Fluxo de materiais entre armazém de moldes e ferramentaria | Setor de plásticos | Operador transporta o molde até o setor de ferramentaria para ajustes | Ao ser necessário realizar ajustes de cotas e especificações no molde | Setor de plásticos e manutenção |

Fonte: elaborado pelo autor

Feito isso, a priorização foi sucedida de uma matriz GUT, que indica a Gravidade, que indica o impacto operacional, a Urgência, que aborda o fator tempo e a Tendência, que indica o padrão de desenvolvimento de cada fluxo. Essa matriz está abordada no quadro 17.

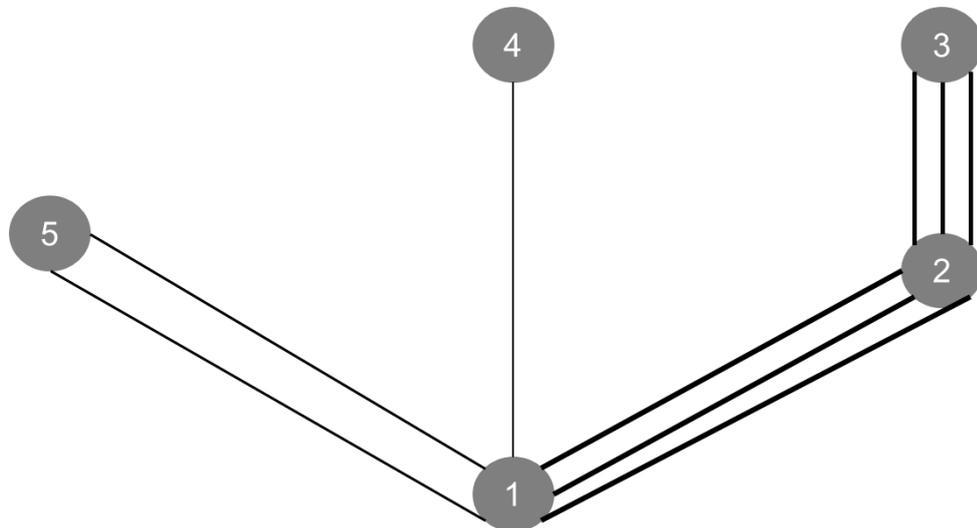
Quadro 17 – Matriz GUT para priorização dos fluxos no setor de plásticos

| Fluxo | Matriz GUT | | | | |
|--|------------|----------|-----------|-------|---------------|
| | Gravidade | Urgência | Tendência | GxUxT | Classificação |
| Fluxo de materiais entre injetoras e sala de inspeção | 3 | 1 | 2 | 6 | 4º |
| Fluxo de materiais entre injetoras e corredor de entrega ao almoxarifado | 3 | 3 | 2 | 18 | 3º |
| Fluxo de materiais entre injetoras e armazém dos moldes e ferramentas de setup | 5 | 5 | 5 | 125 | 1º |
| Fluxo de materiais entre armazém de moldes e ferramentaria | 4 | 3 | 3 | 36 | 2º |

Fonte: elaborado pelo autor

A próxima etapa consistiu em analisar os fluxos mais fortes entre os setores envolvidos na fabricação das peças plásticas, chegando ao resultado da figura 35.

Figura 35 – Análise dos fluxos entre os setores



Fonte: elaborado pelo autor

A elaboração das matrizes e a análise dos fluxos mais fortes entre os setores deu suporte à elaboração da carta de relações, conforme baseado no referencial teórico deste trabalho. Chegou-se, então, ao resultado da figura 36.

Figura 36 – Carta de relações entre os processos do setor de plásticos

| Área (em m ²) | Processo | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|
| 15*15 | 1 – Ferramentaria | | | | |
| 15*15 | 2 – Armazém dos moldes e equipamentos de <i>setup</i> | 4 | | | |
| 80*10 | 3 – Injetoras (escolhido para iniciar) | 4 | 3 | | |
| 85*07 | 4 – Corredor de movimentação de materiais e produtos | 3 | 3 | 2 | |
| 50*10 | 5 – Sala da coordenação e sala da inspeção de qualidade | 0 | 2 | 0 | 1 |

-1: Indesejável
0: Não importante
1: Pouco importante
2: Importante
3: Especialmente importante
4: Absolutamente importante

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados obtidos entre as relações, então, foram os relatados na tabela 22.

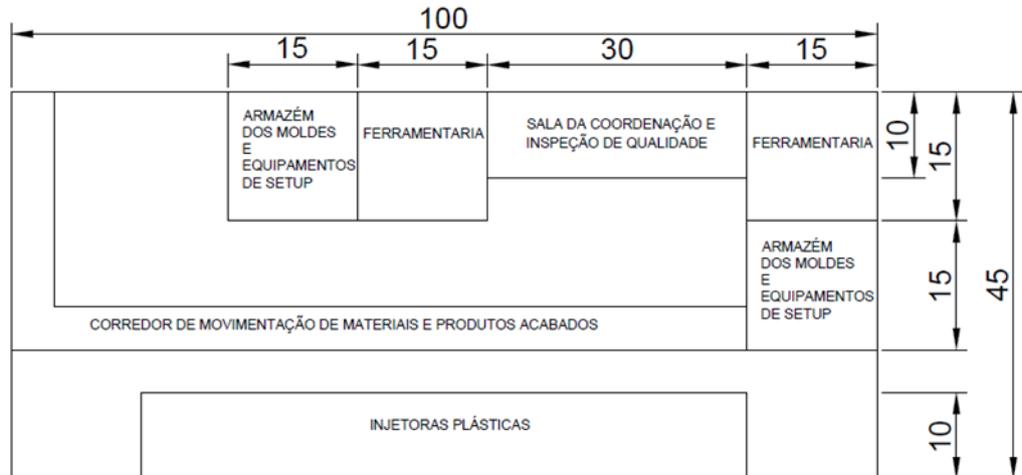
Tabela 22 – Resultados entre as relações dos setores

| Setor | Quantidade |
|---|------------|
| Ferramentaria | 10 |
| Armazém dos moldes e equipamentos de <i>setup</i> | 11 |
| Injetoras | 12 |
| Corredor de movimentação de materiais e produtos acabados | 8 |
| Sala da coordenação e inspeção de qualidade | 3 |

Fonte: elaborado pelo autor

Após todas as análises, foi proposta uma nova configuração no *layout* do setor, procurando priorizar os fluxos mais intensos e as importâncias entre os setores do estudo. A figura 37 representa a nova configuração proposta.

Figura 37 – Configuração do arranjo físico proposta



Fonte: elaborado pelo autor

Após a nova proposta de arranjo físico, foi analisado os pontos positivos das mudanças, sendo eles:

- As últimas injetoras estarão mais próximas ao armazém dos moldes e à ferramentaria, o que contribuirá para que as ferramentas de trocas e ajustes estejam mais próximas ao líder de produção que realizará o *setup* delas;

- Os fluxos entre a sala de inspeção e as injetoras são pouco intensos, o que justifica a diminuição deste setor. Além disso, há muito espaço ocioso na sala da coordenação e da inspeção de qualidade;

- A reserva de outro espaço para o armazém dos moldes e a ferramentaria irá contribuir para uma maior organização dos dois setores, visto que, atualmente, o espaço de armazenagem dos moldes é insuficiente, contribuindo para as perdas de transporte. Assim, um novo local de armazenagem desses moldes e uma nova ferramentaria irá diminuir as perdas com transportes já presenciadas.

4.3.6 Cálculo dos possíveis ganhos

Os principais ganhos das proposições de aplicação de ferramentas, técnicas e conceitos produtivos abordados serão operacionais, com a redução de algumas das sete perdas de produção, dentre elas: movimentações desnecessárias, transportes, esperas e superprodução. Além disso, espera-se alcançar os 30% de redução no tempo de *setup* da troca dos moldes que, atualmente, está em, aproximadamente, 30 minutos. Assim, calcula-se que o tempo de *setup* será mais

próximo do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) de 10 minutos, o grande objetivo da Troca Rápida de Ferramentas. Acredita-se, também, em um aumento de, aproximadamente, 15% na capacidade produtiva das restrições do processo global, garantindo a disponibilidade de peças plásticas ao setor de montagem e evitando, assim, futuros gargalos.

Além disso, essas alterações no processo produtivo do setor de Plásticos serão importantes para aumentar a maturidade do setor, uma vez que foi calculado o tempo padrão de uma operação muito importante, a de retirada de rebarba das peças plásticas, facilitando decisões do tático quanto a substituição de operadores, baseada em sua produtividade. Antes deste trabalho, o setor não possuía esse tempo calculado. Essas melhorias garantem experiência aos colaboradores que participarão dos projetos, o que traz um grande retorno para a companhia.

4.4 Fase 04

A fase 04 deste trabalho serve para propor, no futuro, o melhor método de implantação das ferramentas propostas no estudo de caso. Propõe-se a sequência abaixo a ser seguida:

- I. Formação de uma equipe multifuncional: a equipe multifuncional pode ser formada por colaboradores de diversos setores, como montagem, Qualidade, Planejamento e Controle da Produção, TI e Engenharia de Processos, visando os mais variados debates a respeito das mudanças, pois pessoas que não estão participando do processo diariamente estão mais sucintas a tecer novas opiniões no processo. Além disso, é de fundamental importância a participação do coordenador de injeção, do gerente industrial e do diretor industrial nessa equipe, pois serão os responsáveis por repassar os conhecimentos a toda a equipe;
- II. Estudo de Tempos e Métodos: alteração nos métodos de retirada de rebarba, visando a diminuição do tempo padrão de operação. Possibilitará decisões futuras do nível tático, em relação à produtividade do setor;
- III. Implantação da Manutenção Produtiva Total: como não serão necessários investimentos, o programa de manutenção produtiva total deve ser implantado como primeira ferramenta *Lean*;

IV. Alteração do *Layout*: a alteração do *layout* contribuirá para a redução do tempo de *setup* das injetoras, visto que as ferramentas de troca estarão mais próximas do operador;

VI. Troca Rápida de Ferramentas: a implantação da Troca Rápida de Ferramentas será facilitada, principalmente, em função da manutenção produtiva total e da alteração do *layout*, o que justifica a sua aplicação após essas duas etapas;

VII. Adaptação do processo ao *Just in Time*: essa etapa necessitará de um grande investimento, porém viável, como demonstrado no estudo de caso. A adaptação do processo ao *Just in Time* será favorecida após a aplicação das ferramentas anteriores, pois as máquinas estarão mais disponíveis para operação;

IX. Monitoramento e Controle: acompanhar o programado e realizado do setor de Plásticos e o atendimento à demanda do setor de Montagem, após a implantação das proposições.

Essa sequência a ser seguida leva em consideração as relações entre as diversas ferramentas, técnicas e conceitos abordados no referencial teórico, facilitando o acultramento delas na organização.

5 CONCLUSÃO

A elaboração do presente estudo, permitiu a proposição da aplicação de ferramentas, técnicas e conceitos produtivos consagrados nos ambientes fabris mais eficientes no atual processo produtivo de plásticos em uma indústria de medidores de energia elétrica, localizada no estado do Ceará, melhorando a performance desse processo para alcançar o principal objetivo: o aumento da capacidade de produção efetiva em 15% para evitar a indisponibilidade de peças plásticas ao cliente final.

Em relação ao objetivo geral, foi possível alcançá-lo, pois foram realizadas as proposições para aumento da capacidade de produção, tornando o processo produtivo mais enxuto e produtivo. Após a aplicação das ferramentas, espera-se obter um aumento de capacidade em torno de 15%, além de uma redução do tempo de preparação das máquinas de 30%, garantindo a disponibilidade ao setor cliente. O êxito das proposições possuiu como base as premissas do Sistema Toyota de Produção, além de outras ferramentas, técnicas e conceitos. Ademais, as proposições beneficiarão todos os *stakeholders* envolvidos na cadeia de valor.

O presente trabalho atingiu, também, os objetivos específicos almejados. Primeiramente, foi possível mapear os principais ofensores do setor de plásticos, por meio de análises qualitativas obtidas *in loco* e via sistema de gestão integrada da companhia. O segundo objetivo específico foi alcançado após o mapeamento de algumas atividades do setor para identificar os principais gargalos, sendo propostas, em seguida, soluções baseadas em ferramentas e técnicas, como estudo de tempos e métodos e análise de *layout*, por exemplo.

O terceiro e quarto objetivos específicos foram atingidos com o auxílio das ferramentas e conceitos *Lean*, como, principalmente, Manutenção Produtiva Total e *Just in Time*, que foram a base de todo o estudo para proposição de melhorias no fluxo produtivo do setor para aumentar em 15% a capacidade produtiva e, conseqüentemente, garantir a disponibilidade das peças plásticas.

Todos os objetivos, tanto geral quanto específicos, estão alinhados com as estratégias da companhia, que está procurando, cada vez mais, automatizar os seus processos e garantir com qualidade e no momento demandado todos os produtos aos seus parceiros.

5.1 Sugestão de trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se que sejam aplicadas ferramentas da qualidade para aperfeiçoar os processos no Almoxarifado da companhia, visto que, em função das más técnicas de armazenagem, além da crescente desorganização, são perdidas muitas peças plásticas no armazém, o que impacta negativamente o setor de Plásticos, que deve manufaturar novamente essas peças, gerando desperdícios. Algumas ferramentas da qualidade para melhoria dos processos que poderiam ser aplicadas seriam: PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*).

5.2 Considerações finais

Para a continuidade do trabalho, deve-se frisar a importância da implantação das ferramentas, técnicas e conceitos propostos, como forma de comprovar sua eficiência, garantindo uma produção mais eficiente e que seja possível de atender à demanda solicitada pelos diversos clientes da companhia estudada, evitando que os contratos de venda sejam descumpridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTIN, M. R.; PONTES, H. L. J. **Administração da Produção e Operações**. 1ª ed. Ceará: Intersaberes, 2016. v. 1. 222p.
- AL-TAHAT, M. D. MUKATTASH, A. M. ***Design and analysis of production control scheme for Kanban-based JIT environment***. 2006.
- ANDER-EGG, E. **Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales**. 7ª ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.
- ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**, Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher. 1977.
- BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- BHASIN, S.; BURCHER, P. ***Lean viewed as a philosophy***. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 17, n. 1, p. 56-72, 2006.
- CURSO: O Facilitador e o TMP. Curitiba: Loss Prevention Consulting & Training, 2004. Apostila.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. Editora Atlas, 1993.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2ª ed. São Paulo, Atlas: 2008.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DENNIS, P. **Produção Lean simplificada**. Tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia – 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. **Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação**. 2ª Ed. Porto Alegre, 2000.
- FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da gestão da manutenção industrial: tese de doutorado em Engenharia Mecânica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999. 168 p.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- HOWEG, M. (2007). **The genealogy of lean production**. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. Doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001.
- IM&C Internacional (2006). Curso de Manutenção Planejada TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo, 142 p.
- JÚNIOR, A. F. S. Projeto Industrial. **Apostila do curso de Projeto Industrial**. Faculdade de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará, 2017.
- KARDEC, A.; NASCIF, J.; **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- KIMURA, O.; TERRADA, H. **Design and analysis of pull system, a method of multi-stage production control**, *International Journal Production Research*, v.19
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgar Blücher, 1978.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- OHNO, T. (1988). **Toyota production system: beyond large scale production**. *Cambridge: Productivity Press*.
- POPPER, K. **Conjecturas e Refutações**. Coimbra: Almedina, 2003.
- RAZMI, J.; SHAKHS, N. M. **Developing a specific predetermined time study approach: an empirical study in a car industry**. *Prod. Plan. Control Manag. Operations*, v.19, n. 5, p. 454-460, 2008.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo, Lean Institute Brasil, 2003.
- RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 9ª ed. Petrópolis: Vozes, 1985.
- SANTOS, L. C.; GOHR, C. F; LAITANO, J. C. A. **Planejamento Sistemático de Layout: adaptação e aplicação em operações de serviços**. Paraná: UTFPR, 2012.

SHIMOKAWA, K.; FUJIMOTO, T. (2011). **O nascimento do lean: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão**. Porto Alegre: Bookman.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção, do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta - uma evolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUTO, M., S. M. L. **Engenharia de Métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção. PPGEP/UFPB, 2004.

STEVENSON, W. J. (2001). **Administração das Operações de Produção**. LTC. 6ª edição. Rio de Janeiro.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. *Gestão e Produção*, v. 14. n. 2, p. 323-335, 2007.

TARDIN, M. G.; ELLIAS, R.; RIBEIRO, F.; FERREGUETE, R. **Aplicação de conceitos de engenharia de métodos em uma panificadora: um estudo de caso na panificadora Monza**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, v. 8, p. 1-19, 2013.

VERGARA, S. C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VIEIRA, M. M. F.; ZOUDAIN, D. M. **Pesquisa qualitativa em administração**. 2ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Editora Campus, ed 5, Rio de Janeiro, 2004.

<<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/estudos-projetam-mercado-de-us-18-bi-para-smart-grid-em-2025/>> acessado em 15/11/2018 às 10:17

< <http://www.apexbrasil.com.br/home/index>> acessado em 20/09/2018 às 20:50

<<https://www.lossprevention.com.br/o-facilitador--tpm-fixo>> acessado em 15/10/2018 às 21h35m.

<<http://www.brasfixo.com.br/produto.php?c=NDEx>> acessado em 30/10/2018 às 17:25

<<http://www.brasfixo.com.br/produto.php?c=Mzgw>> acessado em 30/10/2018 às 18:30.

<<https://www.assemblymag.com/articles/93826-make-room-for-obeya>> acessado em 01/11/2018 às 19:12.

<<http://www.star-europe.com/es-ii/>> acessado em 02/10/2018 às 19:30