

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
NÍVEL MESTRADO**

**MAURÍCIO VIEIRA DA SILVA**

**MÉTODO PARA INCREMENTAR A FLEXIBILIDADE E REDUZIR CUSTOS: O  
CASO DA ESTAMPARIA**

**SÃO LEOPOLDO**

**2020**

MAURÍCIO VIEIRA DA SILVA

**MÉTODO PARA INCREMENTAR A FLEXIBILIDADE E REDUZIR CUSTOS: O  
CASO DA ESTAMPARIA**

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia de Produção, pelo  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da Universidade  
do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador(a): Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo

2020

S586m Silva, Maurício Vieira da.  
Método para incrementar a flexibilidade e reduzir custos: o caso da estamperia / Maurício Vieira da Silva. – 2020.  
269 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, São Leopoldo, 2020.

“Orientador: Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior.”

1. Custo. 2. Flexibilidade. 3. Trade-off. I. Título.

CDU 658.5



MAURÍCIO VIEIRA DA SILVA

**MÉTODO PARA INCREMENTAR A FLEXIBILIDADE E REDUZIR CUSTOS: O  
CASO DA ESTAMPARIA**

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia de Produção, pelo  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da Universidade  
do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 28 agosto de 2020

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Daniel Pacheco Lacerda – Unisinos

---

Dr. Luiz Alberto Oliveira Rocha – Unisinos

---

Dra. Aline Dresch

A minha esposa, Bruna, que me apoiou ao longo deste trabalho, compreendendo o tempo de dedicação desprendido. A meus pais, Brígida e Vanderley, que me ensinaram o valor do estudo. Ao meu avô, Mauro, que sempre me mostrou o quão importante é a dedicação e o trabalho para uma vida digna e correta.

## **AGRADECIMENTOS**

Tenho muito a agradecer pela jornada percorrida para o desenvolvimento deste trabalho.

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Professor Junico Antunes, que não poupou esforços para auxiliar e apoiar nas decisões e oportunidades que surgiram no decorrer do desenvolvimento do trabalho. Te agradeço por acreditar que o mundo real das empresas pode ser transformado pelo conhecimento científico proveniente da academia.

Agradeço também a toda a direção da empresa Bruning pelo apoio incondicional à longa trajetória de estudo e dedicação que um mestrado exige. A crença no desenvolvimento técnico e humano dos colaboradores é sem dúvida um pilar que a empresa sustenta.

Por fim, agradeço aos colegas João e Cristiano pela parceria e ajuda ao longo dos 2 anos de viagens, trabalhos e artigos. Sem dúvida o ambiente colaborativo criado foi fundamental para suportar a grande carga que um mestrado associado ao dia a dia de trabalho traz.

“[...] o progresso não pode acontecer quando estamos satisfeitos com as situações existentes” (ONHO).

## RESUMO

A busca pela competitividade através da redução dos custos de produção é, sem dúvida, uma importante estratégia buscada pelas empresas. Entretanto, atualmente o comportamento das necessidades do cliente é um evento imprevisível, exigindo o desenvolvimento da flexibilidade para a constante adequação a este cenário instável. Porém, ao analisarmos empiricamente este contexto é possível constatar que competir através de custos exigiria uma estrutura enxuta e com pouca variabilidade de forma a buscar a otimização de recursos. Assim, buscar o desenvolvimento, concomitantemente, da flexibilidade em um ambiente que se necessita da redução de custos parece configurar um *trade-off*. Este conflito parece ser ainda mais significativo em ambientes complexos como de estamarias, cujo contexto é formado por consideráveis tempos de *setup*, fato que por si só dificulta a promoção da flexibilidade. Neste contexto, esta pesquisa busca, através do método *Design Science Research* (DSR) a proposição de um conjunto de passos lógicos para solucionar o *trade-off* “custo x flexibilidade” no complexo cenário de estamarias. Para isto, o processo de amadurecimento deste método passou pela proposição de uma versão provida puramente da literatura – Método M0, seguida de uma nova versão M1 proveniente da análise crítica da implementação prática em uma estamaria real e, por fim, de uma última versão sugerida após análise crítica por especialistas. Assim sendo, o método final proposto, denominado Método de Melhoria Integrado de Estamarias – MIE, sugere a utilização dos artefatos GPT, 5S, *Heijunka*, SMED, *Preset* e TPM organizados de uma maneira lógica e integrada. A contribuição acadêmica do trabalho estaria relacionada ao relacionamento e integração de diversos conceitos e metodologias, sugerindo uma lógica de implementação para o cenário específico de estamarias. Em se tratando ao contexto empresarial de estamarias, traz a noção clara de implementação, diminuindo a prática tentativa e erro.

**Palavras-chave:** custo; flexibilidade; *trade-off*; estamaria.

## ABSTRACT

The search for competitiveness by reducing production costs is undoubtedly an important strategy pursued by companies. However, currently, the behavior of the client's needs is an unpredictable event, requiring the development of flexibility to constantly adapt to this unstable scenario. However, when analyzing this context empirically, it is possible to see that competing through costs would require a lean structure with little variability in order to seek the optimization of resources. Thus, seeking to develop, concomitantly, flexibility in an environment that requires cost reduction seems to constitute a trade-off. This conflict seems to be even more significant in complex environments such as press shops, whose context is formed by considerable setup times, a fact that in itself makes it difficult to promote flexibility. In this context, this research seeks, through the Design Science Research (DSR) method, to propose a set of logical steps to solve the "cost x flexibility" trade-off in the complex press shop scenario. For this, the maturation process of this method went through the proposition of a version provided purely from the literature - Method M0, followed by a new version M1 from the critical analysis of the practical implementation in a real press shop and, finally, a last suggested version after critical analysis by experts. Therefore, the proposed final method, called Integrated Press Shop Improvement Method - MIE, suggests the use of GPT, 5S, Heijunka, SMED, Preset and TPM artefacts organized in a logical and integrated manner. The academic contribution of the work would be related to the relationship and integration of several concepts and methodologies, suggesting an implementation logic for the specific scenario of press shops. When it comes to the business context of press shops, it brings a clear notion of implementation, reducing the practice of trial and error.

**Key-words:** cost; flexibility; trade-off; press shop.

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 – Esquema lógico do contexto do problema em questão.....   | 25  |
| Figura 2 - Modelo conceitual de hipóteses de Grössler; Grübner (2006) .....   | 43  |
| Figura 3 - Modelo híbrido de Hallgren, Olhager e Schroeder (2011).....  | 44  |
| Figura 4 - Relação entre flexibilidade e custos proposta por Hayes e Pisano (2009).<br>.....                                  | 50  |
| Figura 5 - Exemplo de sistema para posicionamento de ferramenta na mesa da<br>prensa. ....                                    | 66  |
| Figura 6 - Passos para melhoria da operação de <i>setup</i> , segundo Hirano (2010). ....                                     | 77  |
| Figura 7 - Representação gráfica do tempo de <i>setup</i> e <i>run-up</i> . ....  | 81  |
| Figura 8 - Representação gráfica do conceito de <i>setup</i> ampliado.....  | 82  |
| Figura 9 - Estrutura lógica do método GPT.....  | 100 |
| Figura 10 – Desdobramento do IROG.....  | 101 |
| Figura 11 - Diferença entre perdas Crônicas e Perdas Esporádicas.....   | 108 |
| Figura 12 - A "cebola da pesquisa", conforme Saunders. ....   | 113 |
| Figura 13 - Método proposto por Dresch, Lacerda e Antunes (2015). ....  | 117 |
| Figura 14 - Combinações possíveis entre abordagens e técnicas de coleta de dados<br>e análise.....                            | 118 |
| Figura 15 - Passos de avaliação e refinamento do artefato. ....   | 124 |
| Figura 16 - Esquema base para proposição de método.....   | 133 |
| Figura 17 - Lógica de implementação do SMED e do PRESET.....  | 134 |
| Figura 18 - Lógica de implementação do Sequenciamento e do <i>Heijunka</i> .....  | 135 |
| Figura 19 - Mapa mental da relação das classes de problemas com o trade-off custo<br>versus flexibilidade em estamparias..... | 137 |
| Figura 20 - Lógica de implementação do modelo proposto.....   | 138 |
| Figura 21 - Framework base para o método proposto. ....   | 139 |
| Figura 22 - Relação entre Heijunka e IROG.....  | 141 |
| Figura 23 - Método M0 proposto para aumento de flexibilidade e redução de custos<br>em estamparia.....                        | 145 |
| Figura 24 - Ciclo proposto para implementação do método M0.....   | 147 |
| Figura 25 - Fluxo produtivo macro da empresa.....   | 164 |
| Figura 26 - Estrutura da empresa Bruning Tecnometal.....  | 165 |
| Figura 27 - Hierarquia de gestão da empresa.....  | 165 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 28 - Layout da fábrica com localização da estamperia.....                                       | 166 |
| Figura 29 - Padrão 5S criado pela empresa.....   | 177 |
| Figura 30 - Imagem da planilha de tipologia de paradas criada.....                                     | 179 |
| Figura 31 - Imagem da tela de visualização do <i>software</i> CODI.....                                | 180 |
| Figura 32 - Painel de gestão online criado pela empresa (Indicadores).....                             | 183 |
| Figura 33 - Painel de gestão online criado pela empresa (Planos de Ação).....                          | 183 |
| Figura 34 - Rotina de reuniões implementada.....   | 185 |
| Figura 35 - Localização do local físico do <i>Preset</i> . ....  | 195 |
| Figura 36 - Imagem do <i>layout</i> projetado do <i>preset</i> .....                                   | 196 |
| Figura 37 - Gráfico do balanceamento das atividades entre os operadores realizado.<br>.....            | 203 |
| Figura 38 - Pareto de motivo de paradas do CT 3280 na semana do dia 02/12/2019<br>a 07/12/2019. ....   | 211 |
| Figura 39 - Pareto de motivos de paradas do CT 3280 na semana do dia 24/02/2020<br>a 28/02/2020. ....  | 212 |
| Figura 40 - Pareto de motivos de paradas do CT 3280 na semana do dia 10/03/2020<br>a 13/03/2020. ....  | 213 |
| Figura 41 - Framework base para o método M1 proposto. ....   | 221 |
| Figura 42 - Método M1 proposto para aumento da flexibilidade e redução de custos<br>em estamperia..... | 223 |
| Figura 43 - Ciclo proposto para implementação do método M1.....  | 224 |
| Figura 44 - Captura de tela do grupo focal realizado. ....   | 231 |
| Figura 45 - Método de Melhoria Integrado de Estamparias – MIE. ....                                    | 243 |

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

|  |     |
|--|-----|
| Foto 1 - Ferramenta de estamparia com vários estágios. ....  | 53  |
| Foto 2 - Linha de prensas excêntricas. ....  | 54  |
| Foto 3 - Sistema transfer montado em uma prensa excêntrica. ....   | 55  |
| Foto 4 - Reunião de validação do escopo. ....  | 170 |
| Foto 5 - Equipe implementadora na reunião de integração. ....  | 172 |
| Foto 6 - Equipe em treinamento conceitual e prático. ....  | 173 |
| Foto 7 – Fotos com a situação ao redor da máquina piloto anteriormente a aplicação do 5S. ....                 | 175 |
| Foto 8 - Fotos do resultado da intervenção 5S realizada na máquina piloto. ....                                | 176 |
| Foto 9 - Treinamento sendo realizado com o time operacional. ....  | 181 |
| Foto 10 - Painel colocado em cada máquina contendo o IROG diário e o Pareto semanal de motivo de paradas. .... | 182 |
| Foto 11 - Painéis com os planos de ação referentes a Gestão do Posto de Trabalho. ....                         | 182 |
| Foto 12 - Tabela de sequenciamento de produção disposta em gestão à vista na linha de produção. ....           | 192 |
| Foto 13 - Foto das "pazinhas" nos dois conceitos utilizados. ....  | 194 |
| Foto 14 - Foto panorâmica da área de <i>preset</i> . ....  | 197 |
| Foto 15 - Detalhe da organização do material nas prateleiras. ....   | 197 |
| Foto 16 - Carrinho para fornecimento de dispositivos de movimentação. ....                                     | 198 |
| Foto 17 - Foto do indicador visual de preparação criado pela empresa. ....                                     | 198 |
| Foto 18 - Sistemas de teste pneumático e eletrônicos dos dispositivos de movimentação. ....                    | 200 |
| Foto 19 - Time operacional e de gestão que participaram do treinamento. ....                                   | 202 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1 – Evolução da produção do segmento rodoviário, agrícolas e construção no Brasil de 1957 a 2018. .... | 34  |
| Gráfico 2 - Evolução da produção do segmento automotivo no Brasil de 1957 a 2018. ....                         | 34  |
| Gráfico 3 - Acompanhamento do tempo de setup do CT 3280. ....  | 199 |

## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 1 - Fonte de dados utilizadas. ....   | 28  |
| Quadro 2 - Termos e filtros da pesquisa realizada.....   | 29  |
| Quadro 3 - Resultado da pesquisa realizada nas bases de dados sobre Estamparia.<br>.....   | 31  |
| Quadro 4 - Montadoras associadas a ANFAVEA no ano de 2018. ....  | 35  |
| Quadro 5 - Cargos e tarefas em uma estamparia típica do setor automotivo. ....   | 56  |
| Quadro 6 - Operações básicas de <i>setups</i> . ....   | 76  |
| Quadro 7 - Passos de implementação da gestão do Preset proposto por Monteiro<br>(2009).....  | 86  |
| Quadro 8 - Ranking das regras de priorização com base nos resultados do estudo de<br>Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017). .... | 93  |
| Quadro 9 - As 6 perdas da produção. ....   | 108 |
| Quadro 10 – Etapas do método de trabalho e suas respectivas saídas. ....   | 121 |
| Quadro 11 - Participantes do grupo focal.....  | 125 |
| Quadro 12 - Classes de problemas identificadas com suas respectivas citações...  | 129 |
| Quadro 13 - Escopo definido pela gestão para implementação do método. ....   | 169 |
| Quadro 14 - Cronograma elaborado para a implementação do método proposto. .  | 171 |
| Quadro 15 - Equipe de especialistas destinada para implementação do método. ..   | 172 |
| Quadro 16 - Características das prensas escolhidas para implementação do método.<br>.....  | 173 |
| Quadro 17 - Participantes e respectivas responsabilidades na reunião diária de<br>sequenciamento de produção. ....                     | 191 |
| Quadro 18 - Informações sobre a equipe de <i>preset</i> . ....   | 193 |
| Quadro 19 - Categorias de códigos identificadas na análise da gravação do grupo<br>focal.....  | 232 |

**LISTA DE TABELAS**

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 - Relação entre tempo de setup e lote de produção.....  | 72  |
| Tabela 2 - Distribuição de máquinas, turnos e colaboradores atual da estamperia.<br>.....                  | 167 |
| Tabela 3 - Progressão de metas de IROG para a implementação do método. ....                                | 171 |
| Tabela 4 - Tabela de análise e definição de período de nivelamento para o centro de<br>trabalho 3280. .... | 190 |
| Tabela 5 - Períodos de nivelamento projetados para o centro de trabalho 3280. ...                          | 216 |

## LISTA DE SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ANFAVEA | Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores |
| CCR     | <i>Capacity Constraint Resource</i>                         |
| CNC     | <i>Computer Numerical Controls</i>                          |
| DFP     | <i>Design for Producibility</i>                             |
| DSR     | <i>Design Science Research</i>                              |
| GPT     | Gestão do Posto de Trabalho                                 |
| IROG    | Índice de Rendimento Operacional Global                     |
| M0      | Método Inicial  |
| M1      | Método na versão 1  |
| M2      | Método na versão 2  |
| MES     | <i>Manufacturing Execution Systems</i>                      |
| MIE     | Método de Melhoria Integrado de Estamparias                 |
| OEE     | <i>Overall Equipment Effectiveness</i>                      |
| OFE     | <i>Eficiência Geral de Fábrica</i>                          |
| OJT     | <i>On The Job</i>   |
| OPE     | Eficácia Geral da Planta                                    |
| OTE     | Eficiência Geral de Produtividade                           |
| PA's    | Planos de Ação  |
| PDCA    | <i>Plan, Do, Check, Act</i>                                 |
| PMP     | Plano Mestre de Produção                                    |
| PPCP    | Planejamento, Programação e Controle da Produção            |
| RSL     | Revisão Sistemática da Literatura                           |
| SMED    | <i>Single Minute Exchange of Die</i>                        |
| STP     | Sistema Toyota de Produção                                  |
| TEEP    | <i>Total Effectiveness Equipament Performance</i>           |
| TOC     | <i>Theory of Constraints</i>                                |
| TPM     | <i>Total Productive Maintenance</i>                         |
| TQC     | <i>Total Quality Control</i>                                |
| TRF     | Troca Rápida de Ferramentas                                 |
| TSEF    | <i>Theory of Swift, Even Flow</i>                           |
| WIP     | <i>Work In Process</i>                                      |

## SUMÁRIO

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>19</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Problema de Pesquisa</b> .....                                       | <b>23</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivos</b> .....  | <b>26</b>  |
| 1.2.1      | Objetivo Geral .....  | 26         |
| 1.2.2      | Objetivos Específicos .....   | 27         |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa</b> .....  | <b>27</b>  |
| 1.3.1      | Justificativa Acadêmica .....   | 27         |
| 1.3.2      | Justificativa empresarial .....   | 32         |
| <b>1.4</b> | <b>Delimitações do trabalho</b> .....                                   | <b>37</b>  |
| <b>1.5</b> | <b>Estrutura do Trabalho</b> .....                                      | <b>38</b>  |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>40</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Critérios competitivos e seu relacionamento</b> .....                | <b>40</b>  |
| <b>2.2</b> | <b><i>Trade-off</i> Custo x Flexibilidade</b> .....                     | <b>44</b>  |
| 2.2.1      | Possíveis soluções para o <i>trade-off</i> .....                        | 48         |
| 2.2.2      | Considerações finais sobre <i>trade-off</i> custo x flexibilidade ..... | 51         |
| <b>2.3</b> | <b>Estamparia no contexto da engenharia de produção</b> .....           | <b>53</b>  |
| 2.3.1      | Abordagem de Shingo e o Sistema Toyota de Produção em estamparia ...    | 61         |
| 2.3.2      | Ferramentas no cenário estamparia .....                                 | 64         |
| 2.3.3      | Considerações finais sobre estamparia .....                             | 67         |
| <b>2.4</b> | <b>A importância da redução do tempo de <i>Setup</i></b> .....          | <b>69</b>  |
| 2.4.1      | A metodologia SMED .....  | 73         |
| 2.4.2      | Críticas a metodologia SMED .....                                       | 80         |
| 2.4.3      | <i>Preset (Presetting)</i> .....  | 83         |
| 2.4.4      | Considerações finais sobre redução do tempo de <i>setup</i> .....       | 88         |
| <b>2.5</b> | <b>Sequenciamento de produção</b> .....                                 | <b>91</b>  |
| 2.5.1      | Considerações finais sobre Sequenciamento de Produção .....             | 96         |
| <b>2.6</b> | <b>Gestão do posto de trabalho – GPT</b> .....                          | <b>98</b>  |
| 2.6.2      | Considerações finais sobre GPT .....                                    | 104        |
| <b>2.7</b> | <b>Medidas de desempenho</b> .....                                      | <b>105</b> |
| 2.7.1      | Overall Equipment Efficiency – OEE .....                                | 106        |
| <b>3</b>   | <b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....                                | <b>112</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Delineamento da pesquisa</b> .....                                   | <b>112</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 3.1.1      | Filosofia da pesquisa .....   | 113        |
| 3.1.2      | Tipo de abordagem.....  | 114        |
| 3.1.3      | Estratégia da pesquisa.....   | 114        |
| 3.1.4      | <i>Design Science Research</i> (DSR).....   | 116        |
| 3.1.5      | Escolha da abordagem da pesquisa e técnicas de coleta e análise de dados<br>118         |            |
| 3.1.6      | Horizonte de tempo.....   | 119        |
| <b>3.2</b> | <b>Método de trabalho.....</b>  | <b>120</b> |
| <b>4</b>   | <b>MÉTODO PARA AUMENTO DA FLEXIBILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS<br/>EM ESTAMPARIAS.....</b> | <b>128</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Classes de problemas e artefatos identificados.....</b>                              | <b>128</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Proposição do artefato.....</b>  | <b>132</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Projeto e desenvolvimento do artefato.....</b>                                       | <b>136</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Apresentação do método.....</b>  | <b>144</b> |
| 4.4.1      | Envolvimento da Alta Gestão .....   | 148        |
| 4.4.2      | Desenvolvimento do Escopo.....  | 149        |
| 4.4.3      | Implementação da Gestão do Posto de Trabalho.....                                       | 150        |
| 4.4.4      | Implementação do <i>Heijunka</i> e Sequenciamento de Produção.....                      | 153        |
| 4.4.5      | Implementação do <i>Preset</i> .....  | 156        |
| 4.4.6      | Implementação Método da Troca Rápida de Ferramentas (SMED) .....                        | 159        |
| <b>5</b>   | <b>AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM UM CENÁRIO REAL DE UMA<br/>ESTAMPARIA.....</b>       | <b>163</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Contexto de aplicação.....</b>   | <b>163</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Aplicação do método proposto .....</b>   | <b>168</b> |
| 5.2.1      | Envolvimento da alta gestão .....   | 168        |
| 5.2.2      | Desenvolvimento do escopo .....   | 171        |
| 5.2.3      | Implementação da Gestão do Posto de Trabalho.....                                       | 174        |
| 5.2.4      | Implementação do <i>Heijunka</i> e do Sequenciamento de Produção.....                   | 186        |
| 5.2.5      | Implementação do <i>Preset</i> .....  | 192        |
| 5.2.6      | Implementação da Troca Rápida de Ferramentas (SMED) .....                               | 201        |
| <b>5.3</b> | <b>Análise crítica da implementação do método .....</b>                                 | <b>205</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Evolução e discussão dos resultados .....</b>  | <b>209</b> |
| 5.4.1      | Evolução do IROG .....  | 210        |
| 5.4.2      | Evolução do aumento do número de <i>setups</i> .....                                    | 215        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 5.4.3      | Evolução da redução de custos .....                                      | 216        |
| <b>6</b>   | <b>AVALIAÇÃO E REFINAMENTO DO MÉTODO PROPOSTO .....</b>                  | <b>218</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Análise crítica do método M0 .....</b>                                | <b>218</b> |
| 6.1.1      | Inclusão de uma etapa relacionada a manutenção.....                      | 218        |
| 6.1.2      | Inclusão de rotina de auditorias .....                                   | 219        |
| 6.1.3      | Aumento da abrangência de critérios para focalização da produção.....    | 220        |
| <b>6.2</b> | <b>Proposição do método M1 com base na implementação do método M0</b>    |            |
|            | <b>221</b>   |            |
| 6.2.1      | Implementação de auditorias para garantir aderência ao método .....      | 225        |
| 6.2.2      | Implementação do <i>Heijunka</i> e Sequenciamento de Produção.....       | 225        |
| 6.2.3      | Implementação do TPM.....  | 226        |
| <b>6.3</b> | <b>Crítica de especialistas ao método M1 – Grupo Focal .....</b>         | <b>230</b> |
| 6.3.1      | Contextualização do método.....  | 232        |
| 6.3.2      | Engajamento e sustentação do método.....                                 | 233        |
| 6.3.3      | Indicadores .....  | 235        |
| 6.3.4      | <i>Heijunka versus</i> Sequenciamento de Produção .....                  | 235        |
| 6.3.5      | Desenho do método.....   | 236        |
| 6.3.6      | TPM .....  | 238        |
| 6.3.7      | Gestão da rotina.....  | 238        |
| 6.3.8      | Artefato 5S .....  | 239        |
| 6.3.9      | Acuracidade do tempo de ciclo .....                                      | 240        |
| 6.3.10     | Abordagem de otimização, movimentação e fluxo de materiais .....         | 240        |
| 6.3.11     | Melhorias potenciais no que tange a atividade do Grupo Focal.....        | 241        |
| <b>6.4</b> | <b>Proposição do método M2 com base nas críticas de especialistas ao</b> |            |
|            | <b>método M1 .....</b>   | <b>242</b> |
| 6.4.1      | Envolvimento da alta gestão .....  | 244        |
| 6.4.2      | Implementação do 5S .....  | 245        |
| 6.4.3      | Implementação da Gestão do Posto de Trabalho.....                        | 247        |
| 6.4.4      | Implementação de auditorias .....  | 247        |
| <b>7</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>250</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Atendimento aos objetivos.....</b>                                    | <b>255</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Limitações de estudo .....</b>  | <b>256</b> |
| <b>7.3</b> | <b>Proposição para trabalhos futuros .....</b>                           | <b>257</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                  | <b>259</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>APÊNCIDE A – MANUAL DE ROTINA DE REUNIÕES .....</b> | <b>266</b> |
| <b>APÊNDICE B – INSTRUÇÃO DE TRABALHO SETUP .....</b>  | <b>268</b> |
| <b>APÊNDICE C – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA .....</b>       | <b>269</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente externo exerce influência através da pressão da concorrência e das exigências dos clientes em termos de produtos e serviços (ANTUNES JR; KLIPPEL, 2006). Logo, identificar como o ambiente externo influencia a estratégia da empresa parece ser necessário para viver neste ambiente competitivo. Nesta lógica, surgem os critérios competitivos, estes que, conforme Miltenburg (2008), são um conjunto consistente de critérios que a empresa tem de valorizar para competir no mercado. Além disso, Antunes e Klippel (2006) ressaltam que estes critérios se tornam base para o desenvolvimento das estratégias de produção, buscando possibilitar uma melhor análise acerca do posicionamento dos produtos e serviços frente às exigências do mercado e dos clientes, à luz da concorrência.

Inicialmente, autores como Skinner (1974), identificaram quatro critérios competitivos que seriam utilizados para o desenvolvimento das estratégias de mercado das empresas: custo, qualidade, entrega e flexibilidade. Porém, com a evolução dos conceitos, dimensões competitivas foram adicionadas de maneira a buscar a identificação e o desenvolvimento da estratégia para atingir melhores resultados no mercado. Entretanto, Dupont (2010) resalta que, em geral, os critérios competitivos custo, entrega, qualidade e flexibilidade sempre estão presentes. Além disso, o autor resalta que a discussão sobre os critérios competitivos é recorrente em pesquisas e trabalhos, mas que há uma visão levemente diferenciada dentre os diferentes autores.

A busca pela competitividade por meio da redução dos custos de produção é uma das estratégias buscadas pelas empresas. Esta estratégia foi constantemente implementada ao decorrer da história da indústria, destacando importantes marcos como: a primeira revolução industrial, com a introdução de forças motrizes no trabalho que até então era totalmente manual; a segunda revolução industrial, com a produção em grande escala. Na segunda revolução industrial, destaca-se as proposições de Henry Ford, materializado com o conceito de intercambialidade de peças e o desenvolvimento das linhas de montagem e, conseqüentemente, a viabilização da produção em massa (ANTUNES et al., 2012). Isto gerou uma constante redução de custo, possibilitando assim a venda de produtos cada vez mais acessíveis aos seus clientes. Desta forma:

“...Ford reduziu o tempo de mão de obra para produzir o seu Modelo T de 12,5 para 1,5 horas e também trouxe seu preço final para \$360, em 1916, e \$290, em 1920.” (HOPP e SPERMAN, 2008, pág 25)

Taiichi Ohno também tivera *insight* relevante. Após a segunda guerra mundial, afirmou que a redução de custos é o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado (OHNO, 2013). Porém, para sustentar este raciocínio, diferentemente de Henry Ford, o autor cita que o preço de venda é, em um amplo conjunto de vezes, determinado por um elemento externo, no caso o consumidor (ANTUNES et al., 2008). Sendo assim, o lucro está fortemente associado a gestão dos custos, já que o preço de venda é, considerando a concorrência de mercado, definido pelo consumidor. A redução e o controle de custos de produção parecem ser ainda mais determinantes em empresas de larga escala, pois qualquer redução percentual neste parâmetro pode gerar margens significativas para o negócio.

Assim sendo, a redução de custos para garantir crescimento e até mesmo a manutenção das empresas que produzem, principalmente, produtos em larga escala, parece ser um fato lógico perseguido por gestores. Porém, ao se fazer uma análise empírica do atual cenário competitivo, não seria errado afirmar que as empresas, de uma maneira geral, possuem acesso similar a tecnologias em se tratando de materiais, sistemas e equipamentos, salvo aquelas que desenvolvam internamente inovações que proporcionem um diferencial perante a concorrência e, por consequência, maiores preços. Por conseguinte, cabe a estas a busca pelo diferencial competitivo na gestão de seus recursos internos e externos.

Seguindo nesta lógica, pode-se admitir que gestores devem pensar na minimização do uso de recursos escassos, como máquinas e equipamentos (ANTUNES et al., 2008) visando, constantemente, a melhora da eficiência produtiva e, assim, aumentando a sua rentabilidade e competitividade (SOUZA et al., 2018). O sucesso da gestão da manufatura, através da eficiência produtiva, está associado a disponibilidade e produtividade de suas instalações. Estas, que por sua vez, estão relacionadas a identificação e eliminação das perdas de produção (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Devido a decisões equivocadas, qualquer desperdício de recursos, como máquinas, material, força de trabalho, tempo e outros pode aumentar diretamente os custos da empresa que, por sua vez, refletem diretamente nos produtos (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017).

Desta forma, pode-se afirmar que o critério competitivo custo será importante no âmbito empresarial, principalmente devido a lógica de mercado proposta pelo STP que quebrou a ideia de que preço de venda é igual a soma do custo mais o lucro, passando para a lógica onde o preço de venda é definido pelo mercado, tornando assim o lucro uma consequência do custo (OHNO, 2013). Esta lógica torna este critério competitivo fundamental para sobrevivência no mercado. Analisando de maneira geral, é plausível afirmar que o STP buscou ser competitiva no critério custos através da busca pela redução dos desperdícios, diminuindo assim os estoques e aumentando a velocidade de atravessamento dos produtos no processo fabril.

Contudo, trazendo a discussão da busca do aumento da utilização dos recursos, e, conseqüentemente, da redução de custos produtivos para a lógica da Teoria das Restrições (TOC), esta discussão pode tornar-se não relevante. A TOC ressalta que aumentar a eficiência produtiva somente faz sentido em recursos restritivos, pois melhorias locais não gerariam ampliação do ganho por não aumentarem as vendas ou as entregas ao cliente (COX III; SCHLEIER JR., 2013). Neste sentido, buscar o aumento da utilização dos recursos não restritivos somente aumentaria o tempo em que estes ficariam parados. Porém, o aumento da utilização dos recursos através da busca pela eficiência pode ser visto com base na famosa frase de Goldratt (1991): “ganhar dinheiro hoje e no futuro”. A ociosidade gerada pelo aumento das eficiências dos recursos poderia sustentar uma futura ampliação de mercado em novos produtos que não dependessem exclusivamente dos atuais recursos restritivos da empresa. Assim, buscar o aumento da utilização de recursos também estaria associado a uma visão de futuro de ampliação de mercado.

Entretanto, além da busca pelo baixo custo, há outros critérios competitivos que podem ser adotados para que as empresas se mantenham no mercado. Conforme Mintzberg et al. (2014) há quatro prioridades competitivas principais: custo, entrega, flexibilidade e qualidade. Dentre estes, pode-se destacar a flexibilidade, pois esta é importante na medida em que a turbulência e a dinamicidade dos mercados exigem das empresas condições de se adaptarem às mudanças (ANTUNES et al., 2008).

No cenário atual, o comportamento das necessidades do cliente é o evento mais imprevisível (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017). Este fato, exige das fábricas flexibilidade para a constante adequação às necessidades dos clientes. Conceitualmente, a flexibilidade de um processo produtivo é a velocidade e a facilidade com que as unidades de produção são capazes de responder às

mudanças na demanda, seja introduzindo novos produtos no mercado ou modificando as características dos produtos atuais ou alterando os volumes de produção (AVELLA; FERNANDEZ; VAZQUEZ, 1998). De acordo com Antunes et al. (2008) há uma importância deste critério devido a necessidade de rápida adaptação das empresas perante a turbulência e dinamicidade do mercado. Esta turbulência gera a necessidade de as empresas modificarem, por exemplo, *mix* de produção, volumes e roteiros de produção. Wheelwright C. (1984) destaca que há dois aspectos importantes a respeito da flexibilidade relacionadas ao produto e ao volume. Com relação a flexibilidade de produto, empresas que geram a sua competitividade com base neste aspecto enfatiza sua capacidade de lidar com pedidos difíceis e fora de padrão, liderando também nos lançamentos de produtos. Já em se tratando de flexibilidade de volume, a busca das empresas é pela capacidade de acelerar ou desacelerar a produção de maneira rápida de acordo com o comportamento da demanda do mercado.

No entanto, a busca pela competitividade através do desenvolvimento de estratégias para alcançar os diferentes critérios competitivos pode gerar conflitos. Skinner (1974) em seu intitulado artigo "*The Focused Factory*", que identificou conceitos inerentes a fábrica focada, trouxe a discussão que há muitos outros modos de competir, sem ser por meio de uma produção de baixo custo. Ademais, uma fábrica não consegue apresentar um bom desempenho em todos os parâmetros. O outro conceito é que a simplicidade e a repetição geram a competência. Assim, este artigo trouxe ao mundo uma visão contraditória a praticada na indústria naquela época, ao afirmar que uma fábrica não consegue desempenhar bem em todos os parâmetros. Neste contexto, o autor trouxe à tona a conceituação de *trade-off*, este que é a negociação de determinada tarefa a fim de permitir o cumprimento de outra. Desta forma, o autor relata que uma fábrica não consegue ter alto desempenho em todos os critérios competitivos. As empresas, erroneamente, podem buscar uma unidade fabril de baixo custo, mas que esta busca necessita de um sacrifício em termos de qualidade, prazo, condições de entrega, flexibilidade etc. (SKINNER, 1974; WHEELWRIGHT C., 1984).

Assim sendo, o estudo de Skinner (1974), sugere a necessidade de que uma fábrica não consegue ter alto desempenho em todos os critérios competitivos, como se todos tivessem em uma balança, onde ao aumentar o peso de um o outro automaticamente reduz.

No âmbito da manufatura, ao analisar os critérios competitivos custo e flexibilidade através do conceito de Skinner (1974), parece ser possível afirmar que estes formam um *trade-off*. Esta afirmação pode ser feita através da análise empírica de que competir através de custos exigiria uma estrutura enxuta e com pouca variabilidade, buscando assim a otimização do uso dos recursos disponíveis. Entretanto, com base no conceito de Ohno (2013) de que consumidores buscam por produtos diferentes, a busca pela flexibilidade deve ser realizada, exigindo à manufatura a produção de menores volumes e com maior complexidade. A existência desta contrariedade de critérios competitivos fora comprovada nos estudos de Boyer e Lewis (2002), Grössler e Grübner (2006) e Hallgren, Olhager e Schroeder (2011), que identificaram que nem todos os critérios seguem a lógica de *trade-off*, mas em se tratando de custo e flexibilidade este conceito deve ser aplicado.

Assim, competir, simultaneamente, através de custos e flexibilidade torna-se uma tarefa difícil principalmente para o desenvolvimento de estratégias da operação, já que a estratégia de produção estabelece planos para que os recursos da empresa sejam utilizados de maneira a sustentar a sua estratégia competitiva de mercado de longo prazo (ANTUNES JR; KLIPPEL, 2006). Além disso, a eficácia de uma estratégia de operações é determinada pelo grau de consistência entre os critérios competitivos enfatizados e as decisões correspondentes em relação à estrutura operacional e à infraestrutura (BOYER; LEWIS, 2002).

Então, a competição entre custo e flexibilidade parece ser ainda mais complexa em setores onde, normalmente, se busca a maior utilização possível dos recursos devido aos seus elevados custos de produção. Situado neste contexto, pode-se destacar o setor de estamaria, pois de acordo com Rawlinson e Wells (1996), estamarias possuem altos custos de matrizes e prensas, sendo os altos volumes de produção fator amortizador destes custos.

Neste cenário, o presente trabalho busca se aprofundar no desenvolvimento de flexibilidade e na redução de custos em ambiente complexo e de importância para a indústria metalmeccânica, tratando de maneira específica o setor de estamaria.

## 1.1 Problema de Pesquisa

No exame da literatura, há evidências claras da existência do *trade-off* custo *versus* flexibilidade (BOYER; LEWIS, 2002; GRÖSSLER; GRÜBNER, 2006;

HALLGREN; OLHAGER; SCHROEDER, 2011). Além do mais, buscar o desenvolvimento destes critérios competitivos fazem sentido no contexto das empresas.

Prover a redução de custo torna-se importante para a sobrevivência da empresa no mercado competitivo. Rawlinson e Wells, (1996) afirmam que a redução de custo foi algo perseguido pelo sistema Ford, que fez exercícios de redução de custos que permitiram a redução do preço de venda do Modelo de US\$ 850 em 1909 para US\$ 360 em 1916, assim como o Sistema Toyota de Produção, que se concentrou fortemente na redução dos desperdícios.

Com relação a flexibilidade, estudos de De Meyer et al. (1989) e Chou, Teo, e Zheng (2008) mostram que a busca pelo seu desenvolvimento tem sido uma prioridade ao longo dos anos, principalmente no segmento automotivo. Em contrapartida, Berry e Cooper (1999), trazem em seu artigo exemplo onde o desenvolvimento da flexibilidade acarreta em aumento de custo, sendo os altos tempos de *setup* um dos causadores deste crescimento. Ter flexibilidade pode ser justificada devido a necessidade das empresas em atenderem seus clientes proporcionando, não somente o produto certo no momento certo, como também a quantidade requisitada e na qualidade requerida, a um preço razoável (LANDE; MANDAVGADE, 2019). Além disso, dados da ANFAVEA (2018) mostram que ao longo dos anos, o volume final de veículos e máquinas agrícolas não aumentam na mesma proporção do número de fabricantes, reduzindo, por consequência, o volume de produção.

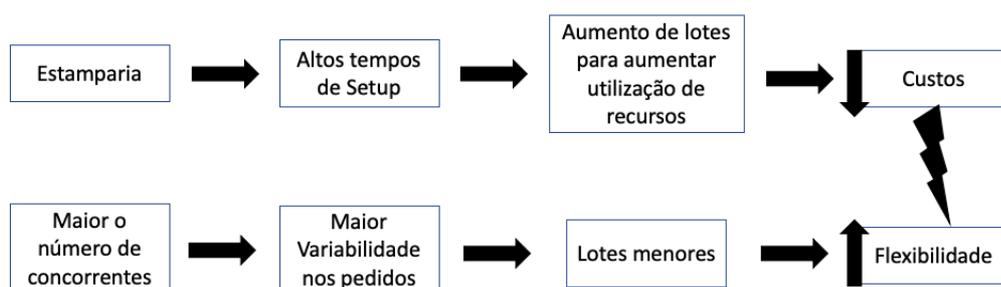
Elevados tempos de *setup* são característicos de estamparias (ROY; MEIKLE, 1995), além de possuírem uma extrema complexidade de problemas (SUN, 2013). Há ainda a característica de que o tempo de *setup* pode ser dependente da sequência produtiva adotada (HWANG; SUN, 1998). A dificuldade desta operação pode estar relacionada com dimensão e peso dos ferramentais a serem manipulados (RAWLINSON; WELLS, 1996), estes que produzem apenas geometrias específicas atreladas a cada ferramenta (OPRITESCU et al., 2019).

Shingo (1985) afirma que os efeitos da produção de alta diversidade e pequenos lotes produtivos levam, inevitavelmente, a um aumento substancial no número de operações de *setup*. Assim, de maneira prática, implementar a flexibilidade em estamparias significaria diminuir o tamanho dos lotes produtivos, aumentando o número os *setups* necessários. Desta forma, se os tempos de *setup* mantiverem os

mesmos, o tempo não produtivo aumentará proporcionalmente ao aumento da flexibilidade, acarretando, como consequência, o aumento do custo produtivo. Entretanto, reduzir os tempos de *setup* e diminuir os lotes produtivos somente serão benéficos ao fluxo produtivo se os processos subsequentes puderem ser executados de maneira eficiente com baixos estoques, pois caso contrário os lotes menores levariam apenas à perda de produção devido a remoção dos *buffers* necessários (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991).

No contexto descrito, é possível realizar a seguinte lógica de pensamento: o maior número de empresas que concorrem no mercado faz com que a necessidade de consumo seja dividida. Além do mais, a busca pela redução de estoques dos fabricantes de bem de consumo requerem que seus pedidos sejam entregues na quantidade certa. Assim, este cenário acarreta na demanda de menores volumes produtivos para os fabricantes de componentes. Por outro lado, devido ao elevado tempo de *setup*, as estamparias buscam o aumento dos volumes produtivos para aproveitamento desta operação. Ademais, conforme Opritescu et al. (2019), estamparias são fornecedoras de demandas internas, tornando-as fornecedoras de outros processos produtivos, como solda, pintura e etc. Neste contexto, as estamparias, que são fornecedoras da indústria automotiva, agrícola e rodoviária, estariam em frente à um *trade-off* – Figura 1.

Figura 1 – Esquema lógico do contexto do problema em questão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, métodos que busquem a melhor utilização dos recursos, gerando a redução de custos, associado a flexibilidade no processo produtivo em setores complexos como o de estamparias trariam vantagens às empresas e, conseqüentemente, o diferencial competitivo necessário ao mercado. Além disso, uma melhoria na utilização de recursos traria, sob uma visão de futuro, uma possível

ampliação de mercado através da implementação de novos produtos no sistema produtivo de estamarias, retirando assim a necessidade de aquisição de prensas, estas que possuem um valor expressivo de investimento. É neste contexto que o presente trabalho surge, de modo a buscar um método que desenvolva a flexibilidade e a redução de custo de forma a tratar o *trade-off* constatado na literatura. Assim, a questão que este presente trabalho pretende responder é: Quais seriam os passos ou etapas a serem realizados no ambiente complexo de uma estamaria que proporcionasse o aumento da flexibilidade e a redução de custo?

Pretende-se que a solução buscada por este trabalho responda o questionamento citado de maneira a ser generalizada em um contexto de estamarias clássicas, formada por demandas de baixo e médio volumes e fornecedoras para a cadeia produtiva de partes e peças, principalmente as associadas ao fornecimento para montadoras de máquinas e veículos pesados e leves. Além disso, cabe aqui destacar que o presente trabalho está inserido em um contexto formado por duas dissertações de mestrado que buscam propor a melhoria na gestão da produção de estamarias. Este contexto é formado por um trabalho que visa a promoção de um método para o planejamento e programação de produção e outro trabalho que busca a melhoria operacional através da promoção da flexibilidade e a redução de custos, sendo ambos desenvolvidos no setor de estamarias. Assim, os dois trabalhos tornam-se complementares no que tange a gestão de estamarias.

## **1.2 Objetivos**

Com base no problema expressado, é possível formular o objetivo geral e específico deste trabalho.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Propor um método que proporcione, simultaneamente, o aumento da flexibilidade e a redução de custo de uma estamaria.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) Identificar e avaliar possíveis soluções na literatura que busquem resolver o *trade-off* custo *versus* flexibilidade;
- b) Identificar, no contexto de estamparias, características que devem ser consideradas para a proposição do método;
- c) Realizar validação do método em ambiente real de fábrica.
- d) Validar método com especialistas.

## 1.3 Justificativa

A seguir são apresentadas as justificativas acadêmica e empresarial para a realização deste trabalho.

### 1.3.1 Justificativa Acadêmica

De maneira a justificar o presente trabalho no âmbito acadêmico, torna-se necessária a identificação e escolha das lacunas que este buscará preencher. De acordo com Gil (2018), o preenchimento desta lacuna está relacionado a classificação da pesquisa segundo sua finalidade. O autor propõe que há duas grandes categorias de pesquisa: uma denominada pesquisa básica, onde o propósito é o preenchimento de lacunas do conhecimento; e outra chamada de pesquisa aplicada, que abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito da sociedade em que os pesquisadores vivem.

O presente trabalho busca, a priori, desenvolver uma pesquisa aplicada, atuando no problema da gestão da melhoria de maneira a propor flexibilidade e redução de custos em indústria metalmecânica. Este tipo de indústria é formado por empresas de diversos ramos, dentre elas, pode-se destacar empresas do setor de estamparia, que é caracterizado por: possuir dificuldade nas movimentações de ferramentais devido aos seus pesos e dimensões (RAWLINSON; WELLS, 1996); necessitar, em geral, elevados tempos de *setup*, sendo estes os tempos os mais representativos nas perdas produtivas (ROY; MEIKLE, 1995); e estar a mercê de

sistemáticas variações de demanda, pois é cumpridora de demandas internas situando-se como base da indústria metalmeccânica (OPRITESCU et al., 2019).

Uma análise da literatura foi realizada para buscar a relevância acadêmica, visando proporcionar o preenchimento de lacunas no âmbito científico. Nesta análise, foi explorado o conhecimento científico nos dois assuntos centrais deste trabalho os quais são: o *trade-off* flexibilidade e custos e a estamperia. Para realização desta análise, foi desenvolvida uma revisão sistemática da literatura (RSL), dado que esta é adequada para tratar este tipo de necessidade. A RSL caracteriza-se por ser um estudo secundário utilizado para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes acerca de uma questão ou tópico de pesquisa específico (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

Em se tratando de revisão sistemática da literatura, a etapa de definição das fontes de dados a serem utilizadas é necessária. Assim, as fontes de dados foram definidas conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Fonte de dados utilizadas.

| <b>Assunto</b>                   | <b>Fonte</b>     |
|----------------------------------|------------------|
| Trade-off Custos x Flexibilidade | SCOPUS           |
| Estamperia                       | SCOPUS           |
|                                  | Google acadêmico |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a busca da literatura sobre *trade-off* custo/flexibilidade, a fonte selecionada foi a base de dados *SCOPUS*. Já na busca da produção científica que envolvam trabalhos no setor de estamperia, foram utilizadas a base *SCOPUS* e *Google Acadêmico*. Importante salientar que ambas as bases de dados utilizadas possuem abrangência internacional.

Os termos de busca foram definidos com intuito de pesquisar a produção científica dos assuntos explorados de maneira abrangente, mas contido no cenário da Engenharia de Produção – Quadro 2.

Quadro 2 - Termos e filtros da pesquisa realizada.

| Assunto                                | Fonte            | Termo de Busca                             | Local de Busca                           | Filtros   | Saída             |
|--|------------------|--|--|---|-------------------|
| Trade-off<br>Custos x<br>Flexibilidade | SCOPUS           | (flexibility) e<br>(cost) e<br>(trade-off) | Título,<br>Resumo e<br>Palavra-<br>Chave | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Somente artigos de Journals</li> <li>• Idioma: Inglês/Português</li> <li>• Período: até ano de 2018</li> <li>• Somente artigos de: Business, Management and Accounting, Decision Sciences e Engineering;</li> </ul>                                | 130<br>documentos |
| Estamparia                             | SCOPUS           | ("press<br>shop")                          | Título,<br>Resumo e<br>Palavra-<br>Chave | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Somente artigos de Journals</li> <li>• Idioma: Inglês/Português/Não definido</li> <li>• Período: até ano de 2019</li> <li>• Somente artigos de: Business, Management and Accounting, Decision Sciences, Engineering e Computer Science;</li> </ul> | 58<br>documentos  |
|  | Google Acadêmico | ("press<br>shop")                          | Título                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idioma: Inglês/Português</li> </ul>  | 41<br>documentos  |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na RSL sobre o *trade-off* custos/flexibilidade, com o intuito de selecionar os artigos de maior representatividade, os 130 artigos da pesquisa foram dispostos em planilha eletrônica de maneira decrescente de número de citações. Após, tomando como critério o princípio de Pareto, foram selecionados os artigos que representavam 80% do total das citações, reduzindo a 41 o número de artigos. De maneira a selecionar artigos que estejam associados diretamente ao objetivo desta pesquisa, todos os resumos destes 41 artigos foram lidos. Ao final, foram selecionados 14 artigos, estes que foram completamente lidos e estudados. Os critérios de seleção deste número de artigos foram:

- Artigos que continham estudos sobre os critérios competitivos;
- Artigos que discutissem o conceito de *trade-off*;
- Artigos que ressaltassem os conceitos de flexibilidade e/ou a redução de custos.

Com base nos artigos selecionados pode-se afirmar a existência do *trade-off* entre flexibilidade e custo com base nos estudos de Boyer e Lewis (2002), Grössler e Grübner (2006) e Hallgren, Olhager e Schroeder (2011). Além disso, os estudos representavam pesquisas, na sua maioria *surveys* ou modelagens, que buscavam, de maneira geral, identificar a relação das prioridades competitivas ou propor modelos de otimização no planejamento de produção para propor a flexibilidade. Como destaque, alguns autores propuseram possíveis soluções para o *trade-off*, como: o sequenciamento de produção para otimização dos *setups*, onde para este seria

necessário o uso de tecnologia devido a sua complexidade (BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008); o uso de layouts celulares associados a roteiros alternativos (AHKIOON; BULGAK; BEKTAS, 2009); o uso de layouts do tipo *seru* (YIN et al., 2017); o uso de *layouts* funcionais, que garantem a flexibilidade, associado a programas de melhoria que busquem a redução do tempo de *setup* (BOYER; LEWIS, 2002); a busca pela aplicação do *Lean Manufacturing*, este sendo como uma solução intermediária entre o produtor de alto volume e baixa flexibilidade e o produtor de baixo volume e altamente flexível (HAYES; PISANO, 2009). Mas, todas estas soluções foram apenas citadas ou indicadas, não possuindo, de maneira estruturada, uma explicação de suas aplicações em um ambiente real.

Assim, analisando de forma quantitativa é possível afirmar que uma possível solução para o *trade-off* custo *versus* flexibilidade é apresentado, mesmo que de maneira superficial, a uma porção não relevante de artigos. Além disso, fica a lacuna de quais seriam as etapas e o que deve ser considerado no processo de aplicação e desenvolvimento destas soluções, lacunas estas que o presente trabalho pretende preencher.

Já com relação a RSL sobre estamperia, para que a pesquisa fosse realizada de forma ampla, foi utilizado somente “*Press Shop*” como termo de busca. Além disso, a pesquisa foi limitada a artigos de língua inglesa e portuguesa, estando estes inseridos no âmbito da engenharia de produção. Devido a pesquisa da base de dados SCOPUS ter retornado somente 58 documentos, uma nova busca foi realizada no Google Acadêmico para garantir uma maior varredura na literatura, retornando outros 41 documentos, somando um total de 99 documentos selecionados. Após todos estes documentos tiveram seus títulos e resumo lidos. Com a leitura, foi possível identificá-los e classificá-los em 6 diferentes assuntos. Em seguida, foram lidos os 16 documentos que se enquadravam nos seguintes critérios: ser artigos científicos; estarem relacionados a Engenharia de Produção; ter disponibilidade de acesso; e estarem no idioma português ou inglês. Ademais, foram excluídos artigos repetidos. Após a leitura, foram selecionados 14 documentos que estariam relacionados ao assunto “Estamperia” – Quadro 3.

Quadro 3 - Resultado da pesquisa realizada nas bases de dados sobre Estamparia.

| Base de Dados    | Assunto                  | Quantidade de Documentos | Não se tratam de artigos | Artigos repetidos | Artigos não disponíveis | Documentos lidos | Documentos selecionados |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
| SCOPUS           | Engenharia de Manutenção | 2                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Engenharia de Produção   | 16                       | 0                        | 2                 | 3                       | 11               | 9                       |
|                  | Gestão de Projetos       | 1                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Processo de Conformação  | 32                       | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Saúde e Segurança        | 2                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Tecnologia e Automação   | 5                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
| Google acadêmico | Engenharia de Manutenção | 2                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Engenharia de Produção   | 14                       | 7                        | 1                 | 1                       | 5                | 5                       |
|                  | Gestão de Projetos       | 0                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Processo de Conformação  | 12                       | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Saúde e Segurança        | 4                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | Tecnologia e Automação   | 9                        | NA                       | NA                | NA                      | 0                | 0                       |
|                  | <b>Total</b>             | <b>99</b>                | NA                       | NA                | NA                      | <b>16</b>        | <b>14</b>               |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o Quadro 3 é possível afirmar que a produção acadêmica envolvendo como assunto estamparias esta fortemente associada a artigos técnicos relacionados ao processo de conformação em si, pois este tipo de publicação somou cerca 44% dos artigos analisados. Outro fato que se pode destacar é que após a leitura dos 14 artigos selecionados, foi identificado que cerca de 37% destes tratam-se de simulações ou modelagens para o sequenciamento de produção.

A descrição de estamparias foi realizada por Opritescu et al. (2019), que situaram a estamparia na cadeia produtiva das fábricas, Williams, Mitsui e Haslam, (1991) que compararam a produção de painéis para a indústria automotiva de estamparias japonesas e ocidentais, e Rawlinson e Wells (1996), estes que, de maneira detalhada, caracterizaram estamparias do período pós guerra. A influência de layout produtivos foi evidenciada por Efstathiou e Golby (2001) e Williams, Mitsui e Haslam, (1991). Já com relação ao tamanho dos lotes, Roy e Meikle (1995) e Williams, Mitsui e Haslam, (1991) destacaram a relação do tamanho do lote com o uso dos recursos. Em se tratando de sequenciamento de produção de estamparias, o assunto foi tratado nos artigos de Hwang e Sun (1998), Sun (2013) e Price et al. (1995). Com relação a *setup*, a importância desta operação no cenário estamparia foi manifestada por Roy e Meikle (1995), Rawlinson e Wells (1996), Hwang e Sun (1998) e Sun (2013).

O artigo de Rawlinson e Wells (1996) traz importantes observações ao descrever o cenário de produção de componentes da indústria do segmento automotivo, além de trazer uma descrição da evolução do STP no âmbito de estamparia.

Outro artigo que se torna importante para este trabalho é o de Williams, Mitsui e Haslam, (1991), pois este trata de um estudo de estamarias japonesas e européias, sendo possível gerar um entendimento de como estas realizam suas operações. Além disso, o artigo de Williams, Mitsui e Haslam, (1991) também traz algumas observações com relação as soluções que o método Japonês propõe ao cenário estamaria. Entretanto, não há uma explicação mais detalhada de como estas soluções podem ser aplicadas.

Por conseguinte, realizando uma análise geral dos artigos estudados, é possível afirmar que nenhum selecionado possui o relato de algum processo de melhoria sistemático, que explicita quais seriam as etapas ou liste quais seriam os fatores que devem ser levados em conta para o processo de aumento de flexibilidade ou a redução do custo. Isto torna o desenvolvimento deste trabalho importante no ambiente acadêmico, devido a buscar uma solução sistemática para um problema presente na realidade das estamarias.

### 1.3.2 Justificativa empresarial

A contrariedade entre flexibilidade e custos, que fora comprovada por Boyer e Lewis (2002), Grössler e Grübner (2006) e Hallgren, Olhager e Schroeder (2011) através de estudos, principalmente *surveys*, de diversas empresas reais, torna este *trade-off* algo comprovadamente existente. Além disso, os exemplos de Berry e Cooper (1999) de empresas que buscaram ser mais flexíveis e tiveram o aumento considerável de custo torna claro a oposição destes critérios competitivos no mundo empresarial.

A busca por flexibilidade nas empresas está associada a necessidade de redução de *lead times* e tamanho dos lotes e a ampliação da gama de tarefas dos trabalhadores (DE MEYER et al., 1989), pois estas características visam o aumento do fluxo produtivo e, como consequência, acarretam na redução de custos. Além disso, Shingo (1985) afirma que a redução de lotes produtivos traz benefícios como: aumento da taxa de rotatividade de capital; uso mais adequado dos espaços devido a redução de estoque; aumento de produtividade devido a redução de manuseio de estoque; eliminação de estoque não utilizável resultante de trocas de modelo ou estimativas equivocadas de demanda; redução de itens perdidos devido a

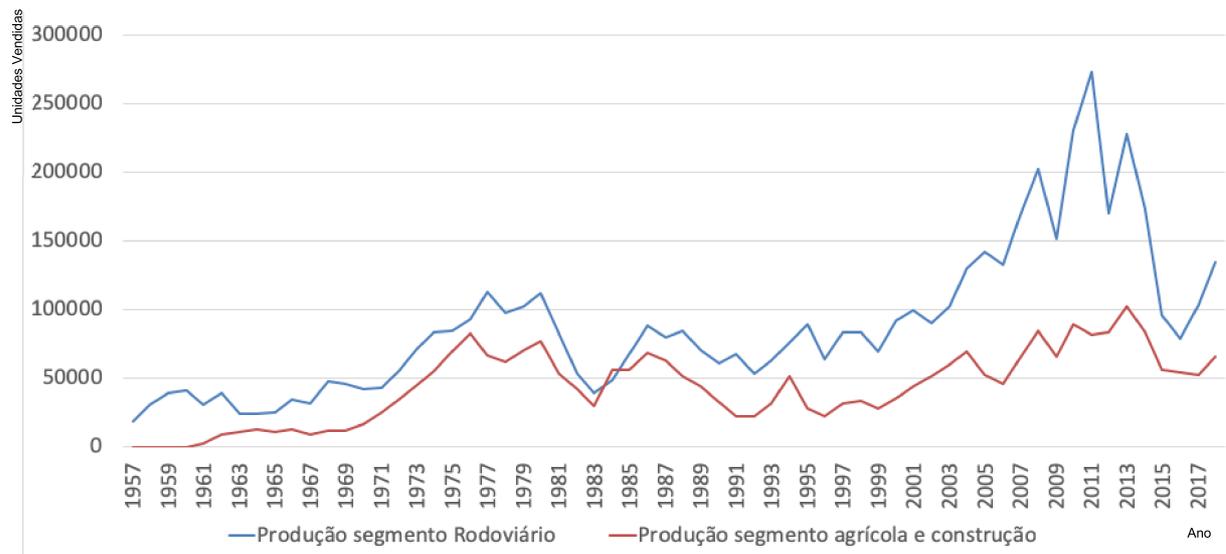
deterioração causada pelo tempo de armazenamento; e inclusão de novas reduções de estoque devido a capacidade de misturar a produção de vários tipos de produtos.

A importância da flexibilidade na indústria, principalmente as do segmento automotivo, também foi evidenciada por Chou, Teo e Zheng, (2008). Ter flexibilidade passa pela necessidade das empresas em atender seus clientes proporcionando o produto certo no momento certo, na quantidade demandada e na qualidade requisitada, a um preço razoável (LANDE; MANDAVGADE, 2019).

Uma possível justificativa pela busca de flexibilidade das empresas e, especificamente, das indústrias metalmeccânica pode ser formulada ao observar os dados da ANFAVEA (2018) – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. As constatações que podem ser feitas são as seguintes:

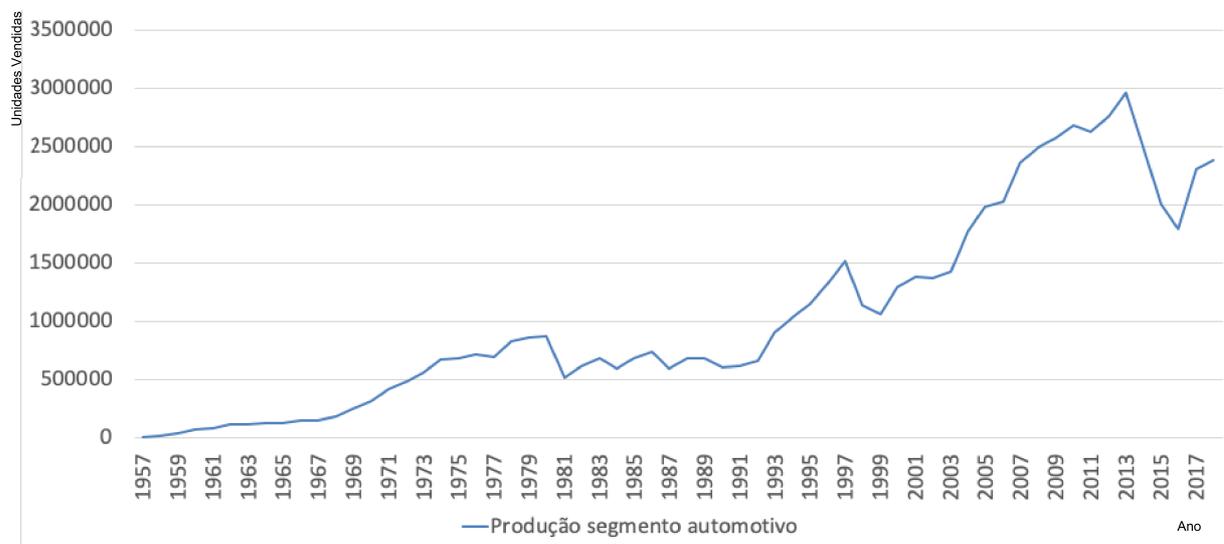
- a) A produção de automóveis no Brasil é cerca de 20 vezes maior do que a produção de máquinas agrícolas ou veículos rodoviários. Isto faz com que o mercado de componentes para montadoras de automóveis traga a necessidade de um volume de produção considerável, fato este que proporciona vantagens, como a produção em grande escala, das empresas metalomeccânicas fornecedoras.
- b) Os segmentos agrícolas e rodoviários, com volumes consideravelmente menores de produção, exigem da indústria metalmeccânica a produção de menores volumes associados a uma quantidade considerável de peças/componentes. Este fato ainda é agravado principalmente no segmento agrícola, onde a variedade de veículos, devido as funções específicas necessárias, são consideravelmente maiores, proporcionando quantidades ainda menores de componentes.

Gráfico 1 – Evolução da produção do segmento rodoviário, agrícolas e construção no Brasil de 1957 a 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do Anuário ANFAVEA 2018.

Gráfico 2 - Evolução da produção do segmento automotivo no Brasil de 1957 a 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do Anuário ANFAVEA 2018.

Ao analisar ao longo dos anos o mercado automotivo – Gráfico 2 – percebe-se um crescimento considerável. Ao comparar a década de 60 para os anos atuais, mesmo com a redução ocorrida a partir de 2013, a produção cresceu cerca de 20 vezes. Entretanto, na década de 60 haviam poucas grandes fábricas que produzissem automóveis. Atualmente, segundo ANFAVEA (2018), existem cerca de 18 montadoras de automóveis associadas – Quadro 4 .

Quadro 4 - Montadoras associadas a ANFAVEA no ano de 2018.

| Automotivo          | Agrícola/Construção | Rodoviário    |
|---------------------|---------------------|---------------|
| Audi                | AGCO                | Iveco         |
| BMW                 | Agrale              | DAF           |
| CAOA Hyundai        | CASE                | International |
| FCA Fiat            | Caterpillar         | MAN           |
| Honda               | CNH New Holand      | Mercedes Benz |
| Ford                | John Deere          | Scania        |
| GM                  | Komatsu             | Volvo         |
| Hyundai             | Massey Ferguson     |               |
| Jaguar e Land Rover | Valtra              |               |
| Lexus               | XCMG                |               |
| Mercedes-Benz       |                     |               |
| Mitsubishi          |                     |               |
| Nissan              |                     |               |
| PSA Peugeot-Citroën |                     |               |
| Renault             |                     |               |
| Suzuki              |                     |               |
| Toyota              |                     |               |
| Volkswagen          |                     |               |

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do Anuário ANFAVEA 2018.

O cenário do Quadro 4 conduz ao raciocínio de que o volume, mesmo sendo representativo para os fabricantes de peças e componentes, seja segmentado em uma quantidade razoável de montadoras, tornando, mais uma vez, a necessidade da produção de uma diversidade de componentes para o mercado seja atendido.

A realidade da necessidade de produção de diversos componentes do mercado do segmento automotivo é agravada ainda mais nos segmentos agrícola/construção e rodoviário – Gráfico 1. Nestes segmentos é possível identificar que o volume de produção não sofreu um aumento considerável ao longo dos anos. Ao analisarmos especificamente o mercado agrícola/construção constata-se que o volume de produção está, de certa maneira, estável desde a década de 70, pois o volume de produção do ano de 2017 está muito próximo a quantidade de máquinas produzidas em 1973 – Gráfico 1. Em contrapartida, o número de fabricantes de máquinas agrícolas cresceu ao longo dos anos, número este que atualmente, associados a ANFAVEA, encontra-se em 10 empresas – Quadro 4.

A situação no mercado rodoviário não é muito diferente. Ao analisarmos o Gráfico 1, embora tenha ocorrido um crescimento considerável no período de 2005 a 2013, o volume de produção atual é muito similar ao volume da década de 70. Assim como no setor agrícola/construção, também houve um aumento considerável no

número de montadoras, número este que, conforme Quadro 4, encontra-se em 7 fabricantes.

Com base nas constatações realizadas, é possível afirmar alguns fatos que tendem a justificar este trabalho no cenário empresarial:

- a) Ao analisarmos a quantidade de unidades produzidas do mercado agrícola/construção, parece ser possível afirmar que este segmento exige de seus fornecedores a produção de baixo volumes e, se considerarmos a quantidade de montadoras, uma considerável variedade de componentes. Este cenário, conseqüentemente, implica na necessidade de as empresas fornecedoras possuam flexibilidade o suficiente para absorverem as variações de demanda do mercado.
- b) O segmento automotivo, ao analisarmos o número de montadoras, é possível presumir que mesmo com seus volumes expressivos e um crescimento considerável ao longo dos anos, a necessidade de produção de componentes acaba, inevitavelmente, mais variada, pois os volumes de produção estariam distribuídos entre as diferentes empresas que compõem o mercado.
- c) A significativa variedade de componentes que o mercado da indústria metalmeccânica demanda somada a complexidade de equipamentos exigidos faz com que estas empresas busquem absorver a produção de diferentes componentes, para que assim, um volume de trabalho seja mantido de maneira a justificar os investimentos realizados.
- d) O número considerável de montadoras presente nos mercados automotivo, agrícola/construção e rodoviário, ocasiona, conseqüentemente, uma concorrência, onde o preço pode ser um critério competitivo desenvolvido. Este fato, automaticamente, exige que as empresas fornecedoras busquem a redução de seus custos para o aumento ou a manutenção de suas margens e, por consequência, de seus lucros. Desta forma, parece ser possível afirmar que a exigência pela redução do custo produtivo é escalonada ao longo da cadeia de fornecedores, expandindo a busca pela redução de custos para todos os níveis da mesma.

Com base nos fatos citados, é possível afirmar que a grande variedade de peças e componentes exigida pelos segmentos automotivo, agrícola/construção e rodoviário somado a competitividade do mercado devido ao número considerável de fabricantes exigem das empresas fornecedoras, simultaneamente, alta flexibilidade e

baixo custo. Assim sendo, a flexibilidade permitiria que fabricantes de componentes absorvam uma fatia considerável deste mercado, aumentando assim seus faturamentos. Já o baixo custo proporciona competitividade no mercado de autopeças e lucratividade no resultado das empresas.

A inserção de estamparias neste contexto pode ser feita com base na afirmação de que estas estão inseridas no mercado de peças e componentes sendo as principais fornecedoras no processo de valor agregado da indústria automotiva (OPRITESCU et al., 2019). Além disso, Rawlinson e Wells (1996) evidenciaram que houve o crescimento de grandes estamparias para atender a indústria automotiva. Estas citações tornam o setor de estamparia importante para a cadeia produtiva de máquinas, equipamentos e veículos, pois, de acordo com Rawlinson e Wells (1996), um carro, por exemplo, pode ter cerca de 250 a 350 componentes estampados.

A importância empresarial de estamparias também pode ser justificada devido ao seu posicionamento na cadeia produtiva. Opritescu et al. (2019) definiram que o negócio de estamparias é cumprir demandas dos clientes internos, tornando assim o seu planejamento e controle fundamentado nos pedidos das linhas de montagem.

Sendo assim, este trabalho, que trata da busca de um método para aumentar a flexibilidade e reduzir custos em setores de estamparia, estaria ligado a tendência de mercado de exigir das empresas fornecedoras a produção de variados volumes de componentes somado a uma intensa necessidade de redução de custos. Além disso, há uma considerável utilização de peças estampadas nestes segmentos, dando ainda mais importância ao objeto de estudo do método a ser proposto.

#### **1.4 Delimitações do trabalho**

Este trabalho tem como pretensão estudar o problema de propor um artefato para tratar o tema da flexibilidade e da redução de custos em Estamparias. A especificidade do estudo se dá por razões já citadas na justificativa deste trabalho. Não há ideia de propor a generalização do método proposto para outras áreas do setor metalmeccânico. A ideia é contribuir para a classe de problema onde este trabalho está situado, que está associado especificamente à Estamparia.

Com relação a flexibilidade, não serão abordados questionamentos ou possíveis avaliações em relação a sua medição e avaliação quantitativa da sua contribuição para o desempenho econômico-financeiro da empresa.

Além disso, não serão discutidos neste trabalho aspectos culturais no que diz respeito ao contexto em que a empresa, em que será validado o método, esteja situada. Ademais, o trabalho não traz discussões quanto a elementos motivacionais ou de engajamento de pessoas com o objetivo de promover a aderência e operacionalização do método proposto.

Adicionalmente, o presente trabalho não se propõe a estudar aspectos relacionados a movimentação de materiais e ferramentas, visando a otimização de fluxo produtivo, e a aspectos relacionados com a busca da melhoria na qualidade dos produtos. Além disso, são situações típicas de determinadas estamparias, a existência de um *trade-off* entre a otimização e aproveitamento de materiais com o tópico do planejamento e programação da produção. Este tema não será tratado nesta pesquisa. Outro aspecto que não será tratado no trabalho está associado com o estudo de projeto de engenharia no que tange o desenvolvimento de processos e ferramentas.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste trabalho está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo tratou contextualização, com a explanação de considerações iniciais que se julga importante para o leitor. Após o capítulo tratou da definição do problema de pesquisa, dos objetivos geral e específicos, da justificativa acadêmica e empresarial e, por fim, da delimitação do trabalho.

Já Capítulo 2 traz o embasamento teórico, feito através de pesquisas da literatura, buscando fundamentar, primeiramente, a existência do *trade-off* custo *versus* flexibilidade e, em um segundo momento, a caracterização de estamparias. Além disso, as pesquisas e análises da literatura buscaram a identificação de possíveis soluções para o *trade-off* em questão.

No Capítulo 3 são explanados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, com o objetivo de caracterizá-la, além de esclarecer as etapas realizadas. Neste capítulo, tanto o método de pesquisa quanto o método de trabalho são explicados.

O Capítulo 4 apresenta as etapas e passos realizados para projetar o método objetivo deste trabalho. Ademais, no fim do capítulo o método proposto, baseado na análise da literatura, é apresentado e detalhado.

O Capítulo 5 trata exclusivamente da etapa de avaliação do método projeto em uma estamperia real, constando a descrição do ambiente de aplicação e detalhamento do processo de aplicação. Por fim, o capítulo traz uma análise crítica do processo de implementação e dos resultados atingidos.

O capítulo 6 retrata a avaliação e refinamento do método, trazendo uma nova proposta com base na análise crítica provenientes da aplicação prática. Após o capítulo traz uma nova etapa de avaliação do método, através de grupo focal, buscando a sua melhoria e otimização. No final, o capítulo ainda traz a proposição de uma versão final do método, com base nas críticas e melhorias sugeridas no grupo focal.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as considerações finais, contendo as limitações da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que suportam este trabalho. Busca-se uma análise profunda da literatura para que o rigor necessário em uma pesquisa científica, pois conforme Dresch et al. (2015), considerar o conhecimento existente, independentemente do tipo de ciência que o gerou, suporta a explicação da importância de construção do artefato.

De maneira a buscar o entendimento do *trade-off* custo x flexibilidade e o rigor que a pesquisa deve trazer, uma revisão sistemática da literatura foi realizada. Os passos para o desenvolvimento desta revisão estão presentes na seção 1.3.1 deste trabalho.

### 2.1 Critérios competitivos e seu relacionamento

A busca pelo diferencial competitivo tem impulsionado a discussão dos critérios competitivos e como estes influenciam na gestão da manufatura. Conforme Grössler e Grübner (2006), no gerenciamento de operações, os critérios competitivos influenciam diretamente os fatores de sucesso de uma planta na competição, ou seja, eles são modos potenciais de comportamento de uma planta com a qual ela pode apoiar e moldar a estratégia corporativa e que a ajudam a ter sucesso no mercado. Já Hallgren, Olhager e Schroeder (2011) os definem como metas e objetivos (por exemplo, grande variedade de produtos e baixos custos de produtos) que orientam as ações da gestão, estas que buscam programas e planos de ação efetivos para alcança-las.

A existência de incompatibilidades claras entre algumas das prioridades de fabricação impede que a empresa seja competitiva em todas elas ao mesmo tempo. Portanto, é necessário concentrar-se em alcançar uma prioridade específica. Isso força o departamento de produção a tomar decisões entre as várias prioridades de manufatura, dando tratamento preferencial a um sobre o resto. (AVELLA; FERNANDEZ; VAZQUEZ, 1998).

De acordo com Fynes, Voss e De Búrca (2005) a natureza da relação entre estes critérios foi abordada por duas teorias dominantes: a teoria cumulativa ou "*sandcone*" (cone de areia) e a teoria de "*trade-off*". A teoria "*sandcone*", desenvolvida por Ferdows e De Meyer (1990), baseia-se na proposição de que o desenvolvimento

dos critérios ocorre de maneira cumulativo e não mutuamente exclusivo. Assim, conforme esta teoria, as melhorias duradouras no desempenho sempre envolvem a mesma sequência: primeiramente medidas para desenvolver a qualidade, seguidas de confiabilidade, velocidade e, finalmente, eficiência de custos. Exemplificando, o modelo do cone de areia sugere que inicialmente deve-se focar na obtenção de qualidade e, uma vez que um nível de qualidade adequado tenha sido atingido, então o trabalho deve ser iniciado para melhorar a entrega, mas, ao mesmo tempo, o trabalho deve continuar na qualidade (AVELLA; VAZQUEZ-BUSTELO; FERNANDEZ, 2011). De acordo com Hallgren, Olhager e Schroeder (2011) a mesma ordem também fora defendida por Nakane (1986). Ele sugere que o primeiro foco é obter a qualidade certa. Então, as entregas confiáveis podem ser melhoradas e mantidas apenas se o nível de qualidade atingir um certo patamar, com pouca ou nenhuma necessidade de retrabalho. Depois disso, a eficiência de custos pode ser buscada e, finalmente, a flexibilidade pode ser adicionada se uma empresa tiver sua qualidade, confiabilidade de entrega e eficiência de custos sob controle.

Já a teoria do *trade-off*, desenvolvida por Skinner (1969), baseia-se na proposição de que há conflito entre os critérios, onde o avanço ou priorização de um critério prejudica automaticamente outro. Este fato ocorre porque as fábricas são sistemas baseados em tecnologia, limitados no que podem fazer com seus equipamentos, materiais, sistemas de informação e sistemas de gerenciamento (FYNES; VOSS; DE BÚRCA, 2005). Na ideia de recursos limitados, Boyer; Lewis (2002) também afirmam que o modelo do *trade-off* é mais aplicável quando a fábrica estiver trabalhando no limite de capacidade de seus ativos.

De forma geral, o trabalho de Skinner (1985) contribuiu muito para uma melhor compreensão de quais são os problemas, questões e variáveis na definição e implementação de uma estratégia de manufatura (DE MEYER et al., 1989).

Contudo, o modelo do cone de areia contradiz o modelo de Skinner (1969). Ele sugere uma abordagem diferente, ressaltando que é possível uma fábrica desenvolver estratégias produtivas abrangendo mais de um critério competitivo. Esta abordagem considera que toda fábrica deve focar em um único objetivo em um único momento no tempo, já que há uma sequência lógica que deve ser seguido, a fim de alcançar melhorias substanciais em todos eles (AVELLA; VAZQUEZ-BUSTELO; FERNANDEZ, 2011). Conforme os autores, o modelo trabalha sob a ótica da melhoria contínua, pois baseia-se na perspectiva de que a areia que cai se alarga na base enquanto sobe em

altura. Assim, este alargamento da base estaria relacionado à melhoria contínua, porque é uma questão de melhorar os objetivos alcançados ao tentar alcançar o próximo.

Assim sendo, pode-se dizer que o modelo de cone de areia sugere que é possível desenvolver estratégias em todas as dimensões, pois baseia-se na ideia acumulativa, ou seja, depois que foi desenvolvida a estratégia de produção com um objetivo competitivo, a busca por outro objetivo não influenciará no que já fora adquirido. Dabhilkar et al. (2009) e Boyer; Lewis (2002) destacam que os defensores deste processo se baseiam em práticas modernas como manufatura de classe mundial. Além disso, Boyer e Lewis (2002) também ressaltam que os dois principais motivos para o uso do modelo acumulativo seriam: o fato de que a competição global intensificou a pressão sobre as plantas para melhorar ao longo das quatro dimensões; e a visão de que a tecnologia avançada de manufatura – sistemas flexíveis de manufatura, manufatura integrada por computador e outras automações programáveis – ajuda as fábricas a desenvolver múltiplos recursos simultaneamente.

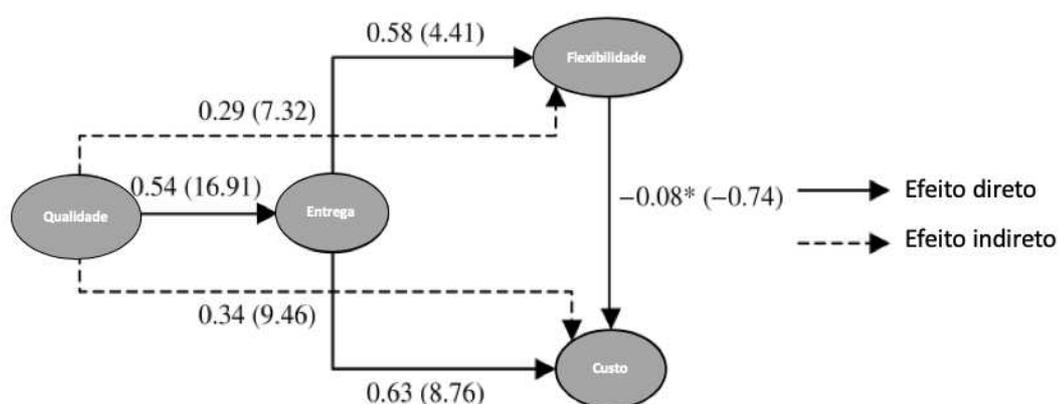
Conforme Hayes e Pisano (2009) empresas que adotam a ideia acumulativa tem que se comprometer com a melhoria contínua porque as capacidades são efêmeras - elas murcham se não usadas e se tornam obsoletas se não forem continuamente nutridas e reforçadas. Esta afirmação ressalta a importância da manutenção dos critérios competitivos, mesmo que este já tenha sido alcançado de maneira satisfatória pela organização.

Embora ambas as teorias proporcionem uma visão excludente, ou seja, as relações entre os critérios competitivos ou seguem a lógica do *trade-off* ou a lógica do *sandcone*, como uma terceira maneira de visualizar a interação entre as diferentes estratégias competitivas que uma empresa pode adotar, Boyer e Lewis (2002) citam a perspectiva integrativa, esta que busca conciliar as diferenças entre as teorias. Para os autores, os proponentes desta perspectiva afirmam que esses modelos abordam várias facetas da estratégia de operações, permitindo que os teóricos relacionem suas percepções discrepantes.

Posteriormente, Grössler e Grübner (2006), também com o objetivo de associar as duas teorias, através de uma *survey* aplicada em diversas empresas, procuraram analisar as relações existentes entre as 4 principais dimensões competitivas (custo, flexibilidade, entrega e qualidade). Neste estudo, os autores destacam que nem sempre há *trade-off* entre estas dimensões, pois, por exemplo, quando a qualidade é

buscada pela empresa, esta dimensão pode ajudar a reduzir custos de retrabalho e garantir as entregas. Porém, os mesmos autores destacam que ao se tratar de custos e flexibilidade, esta “ajuda” não existe, evidenciando que uma empresa deveria limitar sua flexibilidade ao nível necessário por causa dos custos envolvidos na sua construção. Esta afirmação foi estatisticamente comprovada através das análises de correlação entre as classes do estudo – Figura 2. Estas correlações negativas também foram apresentadas nos estudos de Boyer; Lewis (2002), afirmando a existência do *trade-off* entre os dois critérios.

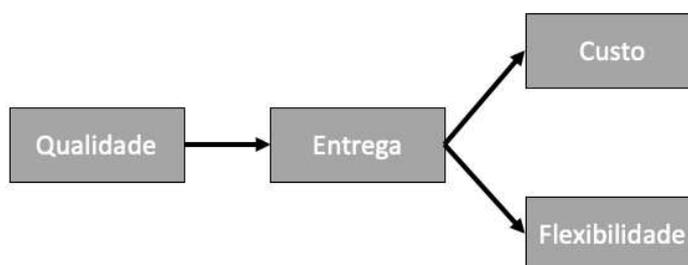
Figura 2 - Modelo conceitual de hipóteses de Grössler; Grübner (2006)



Fonte: Grössler; Grübner (2006, pág. 470).

Apesar deste debate acalorado, há pouca evidência empírica que apoie abordagens que promovam, neguem ou integrem o modelo de *trade-off* (BOYER; LEWIS, 2002). Para Hallgren, Olhager e Schroeder (2011), com base *surveys* realizadas em diferentes países, o conceito de *trade-off* também não poderia ser aplicado nas prioridades competitivas qualidade e confiabilidade de entrega, sendo o conceito mais adequado para estas seria o das capacidades acumulativas, pois estas seguiriam uma ordem e uma dependência de desenvolvimento. Porém, em se tratando de flexibilidade e custos, os autores defendem o *trade-off*, já que estas são necessárias em diferentes situações de fabricação, tendo seu desenvolvimento em paralelo e não sequencialmente. Com base nesta proposição, os autores procuraram desenvolver um modelo híbrido entre o modelo do *trade-off* e das capacidades acumulativas – Figura 3.

Figura 3 - Modelo híbrido de Hallgren, Olhager e Schroeder (2011).



Fonte: Hallgren, Olhager e Schroeder (2011, pág. 517)

O modelo de Hallgren, Olhager e Schroeder (2011) demonstra, assim como o modelo de Grössler e Grübner (2006), que é necessária uma abordagem equilibrada entre flexibilidade e custos, de modo que a decisão uma dessas capacidades não pode ser tomada isoladamente, sem considerar a outra.

De maneira geral, a qualidade e a pontualidade de entrega são importantes para todas as empresas, quando se trata de custo e flexibilidade o mesmo não acontece (HALLGREN; OLHAGER; SCHROEDER, 2011). Para os autores, enquanto algumas empresas enfatizam a eficiência de custo outras buscam pela ênfase na flexibilidade, deixando os custos em segundo plano. Os autores ainda salientam que o foco na flexibilidade acontece principalmente em empresas que querem ser reconhecidas pela customização, possuindo uma ampla gama de produtos com altas margens de lucro.

Assim sendo, com base nas teorias do *trade-off* e do *sandcone* e nas pesquisas de Boyer; Lewis (2002), Grössler;Grübner (2006) e Hallgren;Olhager;Schroeder (2011), parece correto afirmar que não necessariamente estas sejam excludentes, pois há critérios competitivos onde é possível a cooperação e outros com uma correlação negativa. Porém, ambos os estudos sugerem a existência do *trade-off* custo e flexibilidade, fundamento base deste trabalho. Desta forma, este *trade-off* será abordado na seção seguinte de maneira a buscar seu entendimento e possíveis soluções.

## 2.2 *Trade-off* Custo x Flexibilidade

É possível afirmar que a busca pela redução de custo para ser competitivo no mercado é uma prática constante na gestão das fábricas. A indústria americana do século XX, com a figura de Henry Ford, buscava a redução do custo produtivo através

da produção em massa e os respectivos ganhos de escala. Nesta lógica, a literatura de pesquisas de engenharia industrial norte-americana buscou por muito tempo a formulação de modelos matemáticos no desenvolvimento de lotes econômicos que permitissem equilibrar os custos dos *setups*, estes entendidos como uma limitação do processo (HOPP; SPERMAN, 2008). Conforme Dabhilkar et al. (2009), na vida real grandes volumes implicam na perda de flexibilidade.

Com o passar dos anos, a flexibilidade passou a ser uma necessidade a ser tratada nas estratégias produtivas. Em estudo realizado por De Meyer et al. (1989), o pesquisador concluiu que a flexibilidade era uma das prioridades da indústria Americana, Européia e Japonesa. Conforme os autores, a busca por programas relacionados à redução de *lead times*, a redução do tamanho dos lotes e a ampliação da gama de tarefas dos trabalhadores tornaram-se cada vez mais populares entre os fabricantes japoneses, mostrando-se como uma estratégia profundamente enraizada na empresa. Porém, os autores ainda destacaram que a perseguição destes objetivos não eram garantia de resultados, pois os fabricantes japoneses lutavam no chão de fábrica com as consequências desta escolha: complexidade na gama de produtos e no processo de produção.

A busca pela flexibilidade é uma marca do setor automotivo. Em pesquisa realizada em 2004 da indústria automobilística norte-americana, os resultados mostraram que as fábricas dos principais fabricantes de automóveis, como a Ford e a General Motors, são mais flexíveis do que as de 20 anos atrás (CHOU; TEO; ZHENG, 2008). Assim sendo, não seria incorreto afirmar que esta transformação pela busca da flexibilidade das montadoras exige de seus fornecedores a mesma adequação.

A indústria automobilística, por exemplo, deixou de usar plantas focadas (onde uma planta produz essencialmente um único produto) à utilização de instalações flexíveis modernas (onde uma fábrica produz vários produtos) (CHOU; TEO; ZHENG, 2008, pág 62).

Desenvolver estruturas fabris totalmente flexíveis parece, a priori, ser uma difícil tarefa para os engenheiros de produção. No entanto, conforme estudos de Jordan e Graves (1995), com base em um estudo da rede de produção da GM, estruturas de flexibilidade parcial, se bem projetadas, poderiam capturar quase todos os benefícios da estrutura totalmente flexível (CHOU; TEO; ZHENG, 2008). Esta observação é importante, pois coloca a possibilidade de estratégias que permitem uma flexibilidade parcial gerarem bons resultados. Indo mais além, este fato colabora para o *trade-off*

custo x flexibilidade, possibilitando assim a não utilização de estruturas totalmente flexíveis em prol dos custos.

Com uma visão mais atual, Yin et al. (2017) afirma que as empresas manufatureiras inovadoras enfrentam o desafio de serem flexíveis o suficiente para lidar com variabilidades significativas de processo e ambiente, mas eficientes o suficiente para produzir com custos competitivos. Isto confirma que a necessidade de desenvolver a flexibilidade continua sendo uma busca e um desafio das empresas e no desenvolvimento de estratégias de manufatura.

A busca por investimentos significativos para alterar a estratégia de alto para baixo volume de produção, em destaque pela indústria metalmecânica, também fora evidenciado por Berry e Cooper (1999). Segundo os autores, os processos em lote de baixo volume devem ser projetados com baixos tempos de *setup* e custos e, ainda, com altos requisitos de qualificação de funcionários que fornecem a flexibilidade necessária para apoiar uma estratégia de variedade de produtos. Entretanto, os autores defendem que os processos de alto volume devem ser normalmente projetados com recursos como tempos curtos de processamento de unidades, sistemas extensos de monitoramento de processos e baixos requisitos de habilidade dos funcionários que permitem que os baixos custos do produto sejam alcançados. Esta afirmação traz à tona a necessidade de buscar pequenos tempos de *setup* e ainda relacionada o desenvolvimento da flexibilidade com a qualificação dos funcionários.

Berry e Cooper (1999) também evidenciaram, em sua pesquisa, a importância de desenvolver medidas operacionais de flexibilidade de fabricação, pois se estas não forem desenvolvidas a estratégia de custo estaria prejudicada. Os autores realizaram esta afirmação com base na experiência da Plastech, esta que fora relatada por Leschke (1995). A Plastech, ao passar por uma perda de grandes contratos de vendas, obteve um aumento de 20% na receita de vendas implementando uma estratégia de marketing para aumentar a variedade de produtos. Como resultado desta estratégia viu o tamanho dos lotes diminuírem em 50% e, conseqüentemente, seu lucro diminuir em 83%. Os custos associados ao processo corrente de lote de alto volume da empresa não conseguiram manter os lucros para a ampla gama de produtos de pequeno volume oferecidos. Sem novos investimentos, o processo em lote de alto volume da empresa, com grandes tempos de *setup*, não poderia suportar a flexibilidade do mix de produtos necessária para lidar com a crescente variedade de

produtos, premissa esta que era exigida nos novos mercados visados pela empresa. Os autores ainda relataram outros exemplos em que o aumento da flexibilidade aumentou os custos e, inclusive, reduziu a produtividade das instalações, exemplificando com o caso da subsidiária da Toyota Shatai, que ao aumentar a variedade de produtos em sua fábrica de Inabe, viu sua produtividade reduzir devido a exigência de muito mais tempo para limpar as linhas de pintura e realizar seus *setups*.

Ainda há uma importante constatação a destacar: que a redução do tamanho dos lotes de produção gera uma série de efeitos colaterais que vão além do aumento dos tempos em *setup*. Pois, conforme Berry e Cooper (1999), menores lotes interferem em processos industriais que possuem relações de custo complexas que envolvem *setups*, rendimentos do processo e diferenças na produtividade em tempo de execução que podem depender do volume do produto. A perda de produtividade foi constatada na maioria dos casos do estudo realizado pelos autores. Isto tende a ser explicado não apenas devido ao aumento de *setup*, mas também pela perda de produtividade durante o tempo de execução. Foi constatado no estudo de que este tempo apresentou um aumento considerável quando ocorreu grandes diferenças nas características do produto entre os sucessivos lotes de produção, a fim de garantir que as especificações de qualidade do produto sejam alcançadas.

Na mesma linha de raciocínio, Yin et al. (2017) sugeriu que a flexibilidade contraria a *Theory of Swift, Even Flow* (TSEF), esta que está baseada na premissa de quanto mais rápido e uniforme o fluxo de materiais através de um processo, mais produtivo será o processo. Conforme o autor, uma das leis da TSEF é que a remoção da variabilidade melhora a produtividade e, portanto, quanto menor for a variabilidade do sistema produtivo, melhor será a sua produtividade.

Porém, Berry e Cooper (1999) sinalizaram uma possível solução para este problema. Em seus estudos, nas situações em que a produção de itens seguiu uma sequência que otimizasse os *setups*, a produtividade não foi significativamente afetada. Esta mesma conclusão fora obtida por Chou, Teo, e Zheng (2008), que através de processos de modelagem, constataram que quando os sinais de demanda são liberados em tempo real e não são sincronizados, somente em sistemas totalmente flexíveis, ou seja, sistemas onde seja possível qualquer equipamento, máquina ou processo produzir qualquer componente, é que os resultados podem diferir de sistemas parcialmente flexíveis. Assim sendo, não seria incorreto concluir

que a sincronização e otimização da produção pode ser uma alternativa para resolver o problema de falta de flexibilidade, esta que, devido a dinamicidade das fábricas, pode ser uma tarefa de difícil realização.

Portanto, a utilização do sequenciamento de produção poderia ser uma alternativa para otimizar e reduzir os tempos em *setup* e ajustes, beneficiando mutuamente a flexibilidade e os custos produtivos. Além disso, para facilitar o sequenciamento de produção, a utilização de ferramentas de nivelamento, como o *Heijunka*, poderia ser uma alternativa cogitada. Porém, os ganhos de produtividade com a utilização do *Heijunka* estão associados a um congelamento no cronograma de produção, este que costuma ser de oito semanas antes do início da produção (YIN et al., 2017). Assim sendo, este congelamento reduz substancialmente a capacidade de resposta do sistema, ou seja, a flexibilidade de atendimento ao cliente.

Além da busca pela redução do custo influenciar de maneira negativa na flexibilidade, outros critérios competitivos também podem causar um efeito depreciativo. Fynes, Voss, De Búrca, (2005) destacam que quando o foco é atingir uma conformidade em um nível muito alto de especificações, tornasse difícil obter desempenho em dimensões de flexibilidade, como acomodar rapidamente um aumento repentino na demanda (flexibilidade de volume) ou mudanças rápidas no *mix* de produtos (flexibilidade de variedade).

### 2.2.1 Possíveis soluções para o *trade-off*

Com todos os aspectos levantados, equacionar o *trade-off* custo *versus* flexibilidade parece não ser uma tarefa simples. Tomando como base os artigos avaliados é possível identificar algumas possíveis soluções.

Neste sentido, de acordo com Grössler e Grübner (2006), programas de melhoria aplicados podem funcionar como impulsionadores para aumentar o suporte cumulativo entre os recursos de custo e flexibilidade. Já Vanpoucke, Vereecke e Wetzels (2014), no cenário de gestão da cadeia de suprimentos, relatam que a forte integração entre as entidades da cadeia é um requisito para o desenvolvimento da flexibilidade do processo e pode levar a um melhor desempenho do mercado e solucionar o *trade-off*. Esta integração citada pelos autores pode ser remetida a uma ideia de formação de redes de informação que conectam fornecedores e clientes, ou seja, o uso de tecnologia. De maneira semelhante, Berry e Cooper (1999) relataram

que investimentos no uso de computadores e Tecnologia da Informação em processos de metalurgia e montagem suportariam o aumento da variedade de produtos. Dabhilkar et al. (2009) afirmam que a avançada tecnologia de fabricação ajuda na obtenção de flexibilidade de volume. Assim sendo, o uso de tecnologia para orientar e otimizar a produção pode ser uma saída para a relação contrária entre flexibilidade e custos. Ademais, as afirmações de Berry; Cooper (1999) e Chou; Teo; Zheng (2008) com relação ao uso da otimização de *setups* para garantir a produtividade, torna o uso de computadores e *softwares* de programação da produção importantes aliados para tal tarefa.

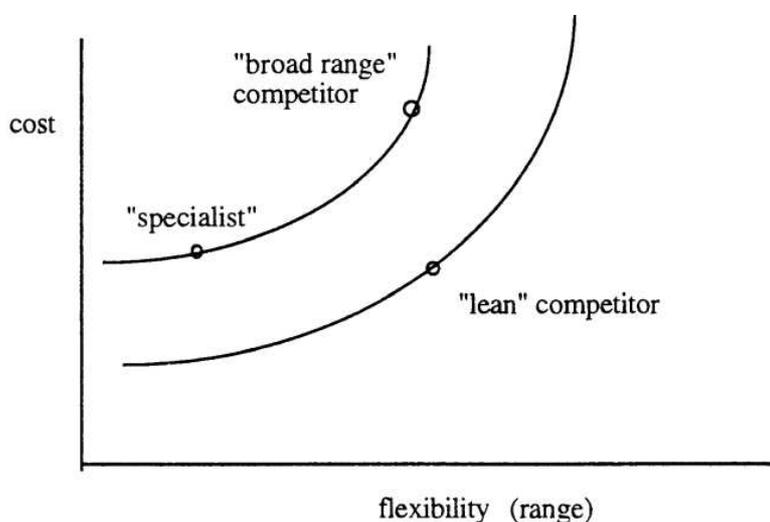
No campo de possíveis soluções, o uso de *layouts* produtivos poderia ser uma solução passível de ser avaliada. Assim, com relação ao uso de tipos de *layouts* de produção para uma possível solução para o *trade-off* em questão, o uso de *layouts* celulares reduzem os custos devido sua alta produtividade, porém reduzem a flexibilidade de produção por serem mais engessados (AHKIOON; BULGAK; BEKTAS, 2009). Como solução, os autores sugerem o desenvolvimento de roteiros alternativos. Esta solução, porém, parece ser muito complexa e de difícil aplicação, pois passa a exigência de flexibilidade para o componente a ser processado, necessitando deste a capacidade de ser produzido em diferentes máquinas ou equipamentos, contrariando um cenário de recursos escassos que as fábricas trabalham. Já Yin et al. (2017) ressalta o uso de células Seru, estas que são um tipo de manufatura celular que se distingue por serem configuráveis e não fixas, e pelo uso de células para montagem, empacotamento e teste, e não apenas fabricação. Para os autores, enquanto os *layouts* celulares veem as células como estruturas estáticas, células seru são projetadas para serem configuráveis, podendo ser ajustadas para uma determinada ordem. Entretanto, este tipo de células está muito presente no setor de eletrônicos e, devido a necessidade de máquinas e equipamentos de grande porte, parecem estar distantes do setor metalúrgico.

Ainda com relação a tipos de *layouts* para solução do *trade-off* em estudo, Boyer e Lewis (2002), citam que *layouts* funcionais proporcionam resposta rápida as mudanças nas demandas dos clientes e especificações do produto, mas são penalizados quanto a produtividade e, conseqüentemente, pelo custo. Neste sentido, programas de melhoria na operação que proporcionem a redução dos tempos de *setup* e ajustes, poderia ser um caminho para atenuar a perda de custo.

De maneira geral, colocando o *trade-off* custo *versus* flexibilidade na esfera de gestão da manufatura, Hayes e Pisano (2009) indicaram que muitas fábricas japonesas pareciam ultrapassar suas contrapartes americanas em várias dimensões na década de 90, alcançando menor custo, melhor qualidade, lançamentos de produtos mais rápidos e maior flexibilidade, ocorrendo tudo ao mesmo tempo. Assim, os autores afirmaram que a necessidade de ter a fábrica focada para o desenvolvimento de estratégias para ganho do diferencial competitivo, conforme Skinner (1969), parece ser desnecessária, sendo o *Lean Manufacturing* a resposta para se ter, ao mesmo tempo, custo, qualidade e flexibilidade. Esta mesma conclusão também fora tida por Yin et al. (2017) que afirmaram que é possível ter ganhos em flexibilidade e eficiência tomando como exemplo as plantas da NUMMI (*joint venture* da Toyota e General Motors), porém associam este sucesso também a capacidade da empresa analisar e prever razoavelmente as mudanças na demanda de produtos existentes e novos.

Para justificar suas afirmações, Hayes e Pisano (2009) se embasaram na ideia que para adotar a estratégia de possuir uma gama de produtos no seu portfólio ("*broad range*") a empresa necessita de certas escolhas operacionais, como a adoção de equipamentos de produção mais flexíveis. Assim sendo, estas escolhas aumentam os custos perante seus concorrentes ("*specialist*"). Porém, quando as empresas possuem a manufatura enxuta em sua estratégia de operações, podem oferecer vantagem tanto em custo quanto em flexibilidade, operando assim em uma melhor fronteira de produção situada entre "*specialist*" e "*broad range*" – Figura 4.

Figura 4 - Relação entre flexibilidade e custos proposta por Hayes e Pisano (2009).



Fonte: Hayes e Pisano (2009, pág. 36).

Assim sendo, parece possível afirmar que há soluções para o *trade-off* custo e flexibilidade, onde estas passam por processos de melhoria da operação, estando o uso da manufatura enxuta como sendo um aspecto importante para a resposta deste problema.

### 2.2.2 Considerações finais sobre *trade-off* custo x flexibilidade

A existência do *trade-off* custo x flexibilidade pode ser comprovada com base nos estudos de Boyer e Lewis (2002), Grössler e Grübner (2006) e Hallgren, Olhager e Schroeder (2011). A importância da flexibilidade para as indústrias, principalmente as do setor automotivo, foram evidenciadas por De Meyer et al. (1989) e Chou, Teo e Zheng (2008). Berry e Cooper (1999) também evidenciaram a importância da flexibilidade e, através de exemplos, demonstraram que a execução de estratégias de flexibilidade pode prejudicar os custos.

Com base na pesquisa realizada, a solução para este problema pode estar relacionada a: uso de tecnologia (BERRY; COOPER, 1999; DABHILKAR et al., 2009), estas ligadas principalmente na otimização na programação de *setups* (BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008); uso de *layouts* celulares (AHKIOON; BULGAK; BEKTAS, 2009; YIN et al., 2017), este que porém necessitam de condições especiais para não prejudicar a flexibilidade; programas de melhorias aplicados (GRÖSSLER; GRÜBNER, 2006); e uso de *Lean Manufacturing* (HAYES; PISANO, 2009).

Em se tratando de uso de tecnologias, ligadas estas a otimização de *setups*, esta solução parece ser difícil de ser aplicada em se tratando de fábricas de médio e grande porte, estas que, por consequência, possuem uma quantidade significativa de processos e máquinas. Entretanto as afirmações de Berry; Cooper (1999) e Chou; Teo; Zheng (2008) com relação a importância da otimização de *setups* para proporcionar a solução do *trade-off* objeto de estudo deste trabalho traz a tona a importância desta operação nas fábricas. Uma solução que segue esta lógica, mas que seria possível de aplicar, foi apontada por Claunch (1996) que sugere que dedicar equipamentos para a produção de alto volume traz vantagens, pois além de provocar uma maior produtividade em alguns equipamentos deixa claro a prioridade de trabalho da equipe de redução de *setup*.

A sequência de trabalhos usando uma abordagem científica desempenhará um papel importante na melhoria do desempenho do chão de fábrica (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017).

A importância da redução de tempo da operação de *setup* para a solução do *trade-off* traria, em lógica, o mesmo resultado da utilização da tecnologia para otimizar a sequência de produção para minimizar o efeito da improdutividade que o *setup* gera. Esta afirmação fica ainda mais notória se for associada as conclusões de Hayes e Pisano (2009) e Yin et al. (2017) que apontam, respectivamente, que o *Lean Manufacturing* e as plantas da Toyota obtinham sucesso em ambas os critérios competitivos, pois programas de redução de tempos de *setup*, como o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) desenvolvido por Shigeo Shingo, são amplamente utilizados neste sistema produtivo. A redução do tempo de *setup*, traria a flexibilização sem prejudicar na produtividade, e, conseqüentemente, no custo produtivo.

Com relação ao uso de *layouts*, parece não haver consenso na literatura pesquisada de qual tipo traria mais vantagem para a solução do *trade-off* em estudo. Embora Ahkioon, Bulgak e Bektas, (2009) citarem os *layouts* celulares como uma solução em produtividade e, conseqüente, redução de custo, os mesmos autores retratam que estes trariam um engessamento ao sistema produtivo. Da mesma forma, Boyer e Lewis (2002) retratam os *layouts* funcionais como adequados para gerarem respostas rápidas as mudanças de demanda mas que, entretanto, são penalizados pela improdutividade. Assim, parece não haver um *layout* específico que resolva o problema que este trabalho propõe solucionar, havendo sempre a necessidade de agregar outros recursos para resolver o *trade-off*, figurando que a sua escolha estaria ligada a demais necessidades ou características específicas da fábrica. Além disso, a alteração de *layout* de máquinas com peso considerável, caso este de estamparias, inviabilizam a sua alteração (JANE, 2005).

Já com relação as proposições de Hayes e Pisano (2009) que apontam para o *Lean Manufacturing* como uma solução intermediária para o custo entre as empresas de alto volume e baixa flexibilidade com as empresas de alta flexibilidade, esta ideia parece também estar associada a afirmação de Grössler e Grübner (2006), pois aplicar as ferramentas da produção enxuta seria, de certa forma, um programa de melhoria. Ainda, parece que a solução do problema deste trabalho está mais ligada a utilização da metodologia SMED, pois esta busca a redução do *setup*, operação esta apontada por Berry; Cooper (1999) e Chou; Teo; Zheng (2008) como importante para

a flexibilização. Além disso, a utilização do sequenciamento de produção para otimização dos *setups*, conforme aponta estudos de Berry; Cooper (1999) e Chou, Teo, e Zheng (2008), poderia amplificar o efeito com relação a produtividade, aumentando-a ao invés de simplesmente não reduzi-la. Portanto, a pesquisa por metodologias que busquem a redução do tempo de *setup* e ferramentas do Sistema Toyota de Produção, que busquem reduzir, minimamente, o efeito da variabilidade de maneira a facilitar o sequenciamento de produção, como o *Heijunka*, podem ser saídas para a dissolução do *trade-off* em estudo.

### 2.3 Estamparia no contexto da engenharia de produção

A caracterização de uma estamparia torna-se importante devido a busca de um método para resolver o *trade-off* no contexto em cena. Uma estamparia consiste em linhas de prensas, que utilizam conjuntos de ferramentas. Estas ferramentas são capazes de produzir apenas geometrias de componentes específicas na produção de peça única ou múltipla (OPRITESCU et al., 2019).

O ferramental de estamparias é concebido em blocos, normalmente de ferro fundido, onde são inseridas matrizes de aço de alta resistência de maneira a suportar os processos de conformação e estampo que formam as peças. Estas ferramentas possuem as mais variadas dimensões dependentes das peças a serem produzidas, e, conseqüentemente, podem pesar toneladas – Foto 1.

Foto 1 - Ferramenta de estamparia com vários estágios.

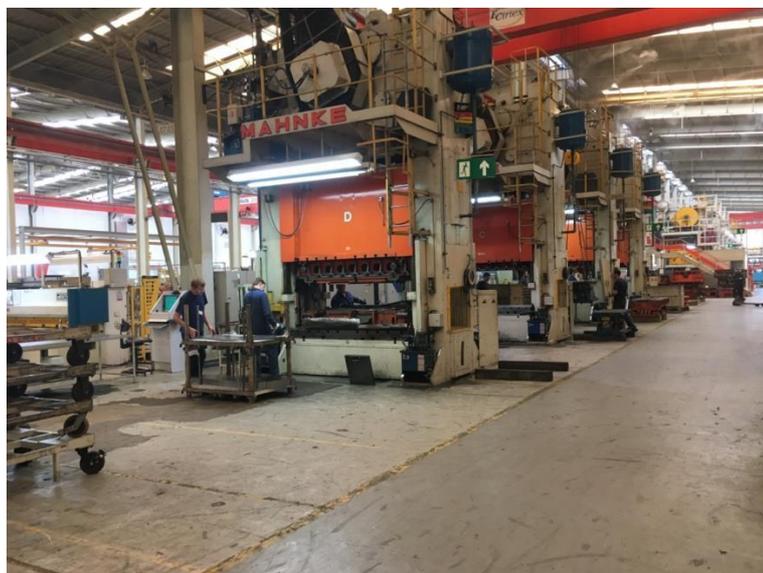


Fonte: Foto tirada pelo autor.

Conforme Rawlinson e Wells (1996) que descreveu uma típica estamparia do período pós guerra, as ferramentas podem ter até 2m por 4m, pesar até 30 toneladas, percorrer 2m para cima e para baixo e serem inseridas em prensas de mais de 800 toneladas de força. Os autores ainda relatam que a matéria prima é específica para cada ferramenta, onde erros de  $+ / - 0,1\text{mm}$  pode gerar consequências desastrosas, como a quebra de matrizes ou a não conformação correta de peças. Devido a estas características, pode-se concluir que a movimentação e manipulação de ferramentas e matéria prima podem ser consideravelmente complexas neste tipo de fluxo produtivo que faz parte do sistema de produção da empresa.

As estamparias apresentam um ambiente de máquinas paralelas heterogêneas, para possibilitar a fabricação das mais variadas peças e componentes (OPRITESCU et al., 2019). Esta mesma observação fora feita por Williams, Mitsui e Haslam (1991), estes que evidenciaram que estamparias, devido as prensas funcionarem em alta velocidade e necessitarem fabricar diferentes peças, as linhas de prensas não são dedicadas. Para os autores, as prensas são usadas primeiro para executar um lote de peças e depois, após a troca de ferramenta, produzir um lote de outra peça, caracterizando layouts funcionais – Foto 2.

Foto 2 - Linha de prensas excêntricas.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Em estamparias, os processos podem ser realizados em linha, onde várias prensas são envolvidas para a produção de uma única peça, ou individual, onde somente uma prensa executa a operação de maneira independente. Os processos

em linha são utilizados para o aumento de produtividade. Porém, de acordo com Williams, Mitsui e Haslam (1991), o principal problema operacional é causado no processo de transferência das peças ao longo das diferentes ferramentas neste tipo de operação. Para os autores, a solução para este problema é realizada de maneira diferente em empresas alemãs e japonesas. Para os alemães, a solução é a busca por um novo mecanismo de manipulação complexo e com excesso de engenharia. Já para os japoneses, as soluções provinham de experimentos práticos e improvisados com mudanças rápidas de processo, tornando estas soluções atraentes em termos de custo.

Uma terceira possibilidade para o processo de conformação em prensas são os processos em prensas “*transfers*”, equipamentos que suportam ferramentas de vários estágios de conformação, onde o avanço entre estes estágios é realizado por um sistema automatizado de transferência – Foto 3.

Foto 3 - Sistema transfer montado em uma prensa excêntrica.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Shingo (1985) relata que neste tipo de prensas um problema considerável é o manuseio e configuração da régua de alimentação, esta que realiza a movimentação das peças ao longo da ferramenta. Para o autor, à medida que os tipos de produto mudam, problema relacionados as diferentes formas das peças e alteração de comprimentos das régua serão encontradas. Entretanto, conforme Kampa, Golda e

Paprocka (2017), o uso de robôs e sistemas automatizados para manipulação, como o utilizado em prensas “transfer”, pode ser uma possibilidade para aumentar a produtividade de uma estamparia. Para os autores, o uso destes sistemas pode reduzir os custos de produção em cerca de 50%, além de aumentar a produtividade em 30% e a utilização dos equipamentos em 85%. Porém, ainda reforçam a importância da confiabilidade dos componentes que desempenham um papel fundamental para a produtividade e utilização do sistema de fabricação como um todo. A justificativa dos autores está relacionada as possíveis falhas destes sistemas, pois mesmo que estas soluções funcionem muito bem, podem ocorrer algumas falhas que se ocorrerem em qualquer elemento da linha causará a parada de todo o sistema.

Em se tratando dos profissionais envolvidos, o estudo de Rawlinson e Wells (1996) também descreveu o quadro de funcionários empregados em praticamente todos os produtores de veículos de grande volume no período pós-guerra, incluindo os fabricantes japoneses. A típica estamparia da indústria automotiva descrita pelos autores possuía cerca de 100 prensas divididas em 8 linhas principais, além de um setor de ferramentaria responsável por fabricar e realizar manutenções – Quadro 5.

Quadro 5 - Cargos e tarefas em uma estamparia típica do setor automotivo.

| <b>Cargo</b>             | <b>Tarefas</b>   | <b>Funcionários/turno</b> |
|--------------------------|--|---------------------------|
| Ferramenteiro            | Produzir e reparar ferramentas   | 120                       |
| Operador de <i>setup</i> | Realizar <i>setup</i> nas máquinas   | 10                        |
| Almoxarife               | Realizar controle da entrada/saída de material   | 8                         |
| Logística                | Fornecer aço para as prensas; Remover as peças do final das linhas de prensa para armazenar; Transferir as peças para a solda. | 50                        |
| Facilitadores de linha   | Alocar peças para linhas; Estabelecer cronogramas, regimes de manutenção etc.  | 25                        |
| Supervisor de linha      | Supervisionar a operação de cada linha.  | 10                        |
| Eletricista              | Manutenção elétrica  | 12                        |
| Mecânico                 | Manutenção mecânica  | 14                        |
| Operador de ponte        | Movimentar bobinas e ferramentas através de pontes rolantes/guindastes.  | 4                         |
| Inspetor de Qualidade    | Inspecionar peças em lotes   | 10                        |
| Operador                 | Transferência de peças ao longo das linhas.  | 400                       |
| Auxiliares               | Limpeza  | 25                        |
| <b>Total</b>             |  | <b>688</b>                |

Fonte: Rawlinson e Wells (1996, pág. 191).

Conforme Rawlinson e Wells (1996), estamparias eram formadas por operadores de linha consideravelmente não qualificados, cuja tarefa principal era transferir a matéria prima entre as prensas e colocá-lo nas ferramentas para o processo de conformação. Devido o risco de que o menor erro no alinhamento na operação de *setup* poderia resultar na não realização da peça ou, ainda, a quebra do ferramental, este processo exigia muita habilidade por parte de uma parcela específica de profissionais, denominada operador de *setup*. Os reparos mecânico e elétrico eram realizados por especialistas, geralmente com representação sindical separada.

Com relação a produção industrial, estamparias desempenham um papel significativo na cadeia de suprimentos interna, principalmente na indústria automotiva. Este fato é justificado devido a estas serem as principais fornecedoras no processo de valor agregado, fornecendo à carroceria do automóvel e às linhas de montagem os componentes de chapa metálica necessários para a produção da carroceria, que são seguidos pelas atividades de pintura e montagem (OPRITESCU et al., 2019). Na indústria automotiva, prensas são comumente utilizadas para a produção de componentes, pois um carro típico pode ter de 250 a 350 componentes estampados (RAWLINSON; WELLS, 1996). Para os autores, os volumes deste tipo de indústria amortizam os altos custos de matrizes e prensas ao longo período de produção, proporcionando uma vantagem competitiva significativa sobre as carrocerias de veículos. No entanto, os autores também afirmam que este fato resultou no crescimento de grandes estamparias e em uma divisão do trabalho caracteristicamente segmentada.

Situando a estamparia em um contexto geral da indústria, Opritescu et al. (2019) definiram que o negócio de uma estamparia é apresentado como cumpridor de demandas dos clientes internos, evitando interrupções de estoque ou peças em falta sempre que possível. Assim, de acordo com os autores, o planejamento e o controle da produção para estamparias são baseados nos pedidos da carroceria e das linhas de montagem, ou seja, no estágio subsequente de adição de valor. Com esta visão, eles chamam atenção com relação ao risco que qualquer indisponibilidade relacionada a máquinas ou a ferramentas pode causar para a cadeia produtiva. Isto mostra a importância das estamparias para a indústria metalmeccânica, principalmente para os setores de partes e peças para montadoras, como as dos segmentos agrícola, rodoviário e automotivo.

Neste contexto, no que tange a gestão, parece possível afirmar que estamparias sejam complexas. Este fato foi confirmado por Sun (2013), que declarou o cenário industrial e, especificamente, o setor de estamparia, detentor de uma extrema complexidade de problemas. Além disso, estamparias são comumente detentoras de *layouts* funcionais (OPRITESCU et al., 2019; WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991), tempos significativos de *setup* (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991) e lotes consideráveis de produção, como o uso de lotes econômicos, para aumentar a utilização de recursos (ROY; MEIKLE, 1995). Esta descrição de estamparias contraria a lógica de fluxo, descrita por Roy e Meikle (1995), que é consistida por: lotes de transferências pequenos, curtos tempos de *setup* e *layouts* celulares.

Em se tratando da operação de *setup*, estamparias apresentam tempos consideráveis nesta operação. Em geral, o tempo de *setup* pode variar de trabalho para trabalho e de máquina para máquina (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017). Há ainda a característica de que os tempos de *setup* podem ser separáveis ou dependentes da sequência de produção em problemas industriais reais (HWANG; SUN, 1998). Uma das dificuldades enfrentadas por estamparias e que influenciam no tempo de *setup* é com relação as dimensões das ferramentas. Segundo Rawlinson e Wells (1996), os princípios de padronização não foram aplicados à formação de ferramentas para prensas devido as matrizes serem itens caros feitos de peças de aço grandes. Desta forma, a padronização das dimensões das peças vazadas tornava-se custosa e complicada, pois se teriam partes vazias absurdamente grandes e caras para construção de ferramental, estes que produziriam componentes relativamente pequenos.

Com relação ao *layout* produtivo, a alteração de *layout* como forma de aumentar a produtividade em estamparias foi citado por Efstathiou e Golby (2001), afirmando que o uso de células de fabricação, fugindo do uso dos tradicionais *layouts* funcionais, poderia ser uma solução importante para fornecer de forma confiável e previsível aos clientes. Porém, é provável que um *layout* baseado em célula que envolva uma grande quantidade de transferência entre células seja instável às flutuações na demanda e no desempenho operacional. Além disso, os *layouts* funcionais em estamparias são explicados por Williams, Mitsui e Haslam (1991) e Opritescu et al. (2019) pela necessidade de produzir um conjunto muito variado de peças.

O tamanho de lotes produtivos em estamparias, conforme Roy e Meikle (1995), tendem a ser relativamente grandes para a maximização do uso dos recursos. Este fato pode ser relacionado com os tempos consideráveis de *setup* já citados, pois quanto menores os lotes, maiores seriam os tempos improdutivos devido a esta operação. Além disso, cabe ressaltar a afirmação de Williams, Mitsui e Haslam (1991), que lotes menores em uma estamparia produzirão apenas benefícios ao fluxo produtivo se os processos subsequentes puderem ser executados de maneira eficiente com baixos estoques. Para os autores, se o desequilíbrio do processo ou a falta de confiabilidade das máquinas a jusante não foram corrigidas, os lotes menores levariam apenas à perda de produção devido a remoção dos *buffers* necessários. Entretanto, a redução do tamanho dos lotes traz benefícios, como a otimização do espaço físico, flexibilidade na produção além da redução de estoque, pois a cada dólar eliminado de estoque representa uma economia de cerca de 33 centavos (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991). Esta economia estaria associada fortemente a eliminação da mão-de-obra indireta para movimentação e armazenamento.

Um fato importante a se destacar em estamparias é a medição do uso de seus recursos. Assim, Kampa, Golda e Paprocka (2017), em seu estudo que compara o uso de robôs e operadores na manipulação em estamparias, destaca que o uso do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) permite a comparação dos resultados de diferentes sistemas de fabricação. Os autores ainda relatam que a realidade da maioria dos equipamentos de empresas de manufatura, não tratando especificamente de prensas, tem pontuações de OEE próximas a 60%, mas que também há muitas empresas com pontuações OEE inferiores a 40% e um pequeno número de empresas de classe mundial que possuem pontuações OEE superiores a 80%. Desta forma, este indicador seria capaz de medir a utilização de prensas. A importância da medição da utilização de prensas também foi evidenciada no estudo de Sarker (1990), que buscou mostrar a disponibilidade de prensas ao longo do período de trabalho, com observações randômicas. Para o autor, a importância do acompanhamento da situação de máquinas ao longo do período produtivo, possibilita intervenções. Deste modo, se o nível de utilização das máquinas for conhecido ao longo do turno, é possível manter o fornecimento de matérias-primas, minimizando o tempo de entrega e o WIP (Work In Process). Assim sendo, acompanhar uma máquina ao longo do dia pode possibilitar a identificação de problemas pontuais, ocasionando a melhoria de sua eficiência.

Outra ação que se torna dificultosa no ambiente da estamperia é o sequenciamento de produção. Neste cenário complexo, a busca pelo sequenciamento de produção levando em consideração os tempos de *setup* e tamanho de lotes poderia ser uma saída para minimizar o impacto deste processo no fluxo produtivo (BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008). Porém, de acordo com Hwang e Sun (1998) no cenário industrial, como de uma estamperia, o sequenciamento de produção, levando em consideração os tempos de *setup*, possui extrema complexidade. Esta complexidade fez com que os autores formassem, em seu estudo, o problema de sequenciamento de produção em um cenário geral limitado envolvendo somente duas prensas com restrições de precedência de trabalhos, pois caso contrário, seria impraticável devido a exigência computacional.

A dificuldade de sequenciamento em estamperias é reconhecida por Price et al. (1995). Os autores afirmam que estamperias são um assunto comum para pesquisas em sistemas de agendamento baseados em inteligência artificial, provavelmente devido à dificuldade de sequenciamento da produção. O interesse em pesquisas em sequenciamento de produção em estamperias também foi evidenciado por Sun (2013), onde esta relevância é justificada através da afirmação de que os tempos de *setup* e o tamanho do lote são fatores-chave que afetam o desempenho da fábrica. Conforme Sun (2013), a sequência de produção levando em consideração datas de lançamento e tempos de *setup*, pode maximizar a produtividade. O autor ainda salienta a necessidade de auxílio computacional para se ter uma solução adequada é ainda mais importante quando a relação entre o tempo médio de processamento de máquina e o tempo médio de *setup* se torna pequena.

Ainda conforme sequenciamento de produção, o tamanho de lote é outra variável complicadora. De acordo Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017), no chão de fábrica o processamento de pequenos lotes de produtos diferentes requerem uma maneira única de sequenciar para minimizar o número de *setups*. (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017)

A importância da operação de *setup* é notória para estamperias, pois ela fora inúmeras vezes citada por diversos autores (SUN, 2013; BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008; RAWLINSON; WELLS, 1996; ROY; MEIKLE, 1995; HWANG; SUN, 1998). A importância deste assunto está fortemente relacionada pela dificuldade de realização desta operação, dificuldade esta que conforme Rawlinson e Wells (1996) foi tratado com eficácia pelo trabalho de Shigeo Shingo, juntamente com

o Sistema Toyota de Produção. Assim, um detalhamento da operação e sua relação com Shingo torna-se interessante para o entendimento do assunto.

### 2.3.1 Abordagem de Shingo e o Sistema Toyota de Produção em estamperia

Shigeo Shingo realizou um desenvolvimento considerável nas operações da estamperia. Segundo Rawlinson e Wells (1996), o desenvolvimento do STP transformou radicalmente a operação da estamperia e a organização dos trabalhadores. Esta transformação, conforme os autores, ocorreu em meio a um contexto de escassez de capital, o que limitou a capacidade de adquirir equipamentos de produção adicionais para acompanhar o rápido crescimento da demanda doméstica por automóveis.

Quando as estamparias ocidentais enfrentavam restrições de capacidade no período pós guerra, aumentar o número de máquinas era a opção escolhida (RAWLINSON; WELLS, 1996). Porém, esta solução era de difícil execução pela Toyota, devido a sua escassez de recursos financeiros e pelas prensas estarem entre os itens mais caros de uma fábrica de automóveis. De acordo com os autores, a Toyota gerou soluções identificando que seu problema estava no uso ineficiente das máquinas, onde extensos períodos de não utilização, principalmente os tempos de *setup*, eram observados.

Entretanto, cabe destacar que a Ford também desenvolveu máquinas-ferramenta para fins especiais e acessórios múltiplos para reduzir o tempo de *setup* antes mesmo dos esforços da Shingo na Toyota (RAWLINSON; WELLS, 1996). Conforme os autores, este fato mostra que ela também percebeu completamente as importantes implicações financeiras e logísticas de ter um tempo de inatividade da máquina. Além disso, eles reforçam que a Ford, em suas primeiras fábricas, obteve fluxos consistentes e suaves gerando rotações de estoque e o WIP semelhantes aos praticadas por empresas enxutas e até melhores do que a maioria das fábricas japonesas da época.

De maneira geral, as estamparias japonesas buscam eliminar o trabalho indireto ao longo do fluxo produtivo (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991). Assim, a forma escolhida pela Toyota para solucionar uma escassez de capacidade da estamperia foi focar no tempo de inatividade, tendo como consequência a redução da necessidade de habilidades dos operadores, assim como a redução do próprio

número de operadores (RAWLINSON; WELLS, 1996). Além disso, os autores salientam que as soluções de Shingo não envolveu muito o caminho de novas tecnologias ou técnicas revolucionárias de fabricação.

O trabalho de Shingo na estamparia iniciou no ano de 1950, buscando o aumento da eficiência nas prensas de 350, 750 e 800 toneladas da planta da Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima (SHINGO, 1985). Conforme Rawlinson e Wells (1996), Shigeo Shingo conseguiu diminuir as trocas de ferramentas ao longo do tempo, evoluindo do período 'padrão' de um turno para menos de 15 minutos por linha, através de um sistema denominado SMED (*Single Minute Exchange of Dies*). Este sistema, conforme Rawlinson e Wells (1996), foi baseado em dois princípios gerais: primeiro, mudanças técnicas nas matrizes e prensas; e segundo mudanças organizacionais nos processos de trabalho envolvidos na troca de ferramentas.

Em se tratando do sistema de melhoria de *setup* SMED, de acordo com Rawlinson e Wells (1996), o que Shingo fez foi analisar o processo de *setup* e aplicar os princípios tayloristas, de tempos e métodos, combinados com algumas técnicas simples de engenharia, impondo as mudanças na força de trabalho sem consulta ou negociação. Assim sendo, os autores reforçam que Shingo foi um seguidor dedicado, porém criativo, do trabalho de Taylor e da aplicação de seus princípios à engenharia industrial, o que influenciou profundamente sua organização de pensamento e produção.

As dificuldades enfrentadas por Shigeo Shingo foram diversas. Entre estas, a variabilidade das dimensões externas de ferramenta foi considerada como uma das principais barreiras à eficiência, pois este fato exige que a altura do martelo seja constantemente ajustada (RAWLINSON; WELLS, 1996). De acordo com os autores, o problema foi superado pelo uso de calços, agrupando as ferramentas em famílias padronizadas, associando-as a linhas de prensas específicas.

Outro problema enfrentado por Shingo foi a falta de padronização dos parafusos e porcas de fixação das ferramentas. A busca pela padronização dos elementos de fixação e o armazenamento destes junto ao conjunto de ferramentas foi uma melhoria obtida a custo mínimo (RAWLINSON; WELLS, 1996).

Ainda se tratando no problema de fixação das ferramentas nas prensas, Shingo realizou outras melhorias como uso de grampos e parafusos de ação rápida, a redução de fixação e o uso de mecanismos para garantir o posicionamento da ferramenta na mesa da prensa (RAWLINSON; WELLS, 1996). Com relação a redução

de fixação, os autores destacam que esta foi possível através da observação de que a parte inferior da ferramenta, devido ao seu peso considerável, necessitava de apenas uma força moderada para mantê-la posicionada, diminuindo assim o número de fixadores. Já com relação aos mecanismos de posicionamento, foi possível através do uso ranhuras e batentes fixos.

As melhorias de Shingo na operação de *setup* também trouxe vantagem no que tange a qualificação de operadores. Estas melhorias tornou possível a redução das habilidades necessárias para as operações de *setup*, reclassificando estas operações para semiqualficadas, sendo possível de serem realizadas pelos operadores da máquina (RAWLINSON; WELLS, 1996). Os autores ainda evidenciam que o STP realizou mudanças técnicas centradas na padronização, fragmentação das tarefas de trabalho e na realocação das tarefas simplificadas.

A melhoria da operação de *setup* realizada por Shingo e aplicada as fábricas da Toyota fora evidenciada no estudo de Williams, Mitsui e Haslam (1991). Os autores estudaram o caso de várias estamparias de fábricas de automóveis do Japão e Europa, buscando entender a manufatura Japonesa, com destaque a investigação sobre a sua superioridade na realização de *setups*. No estudo foi evidenciado que:

- A redução do tempo de inatividade das máquinas em empresas japonesas e europeias aconteciam de maneira diferente. Enquanto as estamparias europeias buscavam a redução da inatividade através da diminuição do número de *setups*, realizando uma troca de ferramenta a cada 10 dias, as japonesas, por possuírem um tempo de *setup* de 10 min, faziam cerca de dez *setups* por dia;
- Enquanto o tempo de *setup* de estamparias japonesas era cerca de dez minutos, em estamparias ocidentais este tempo chegava a até 4 horas.
- As empresas japonesas não mostram desempenho superior em todos os aspectos e em todos os critérios. Ao analisar a taxa de transferência e a eficiência operacional de um processo único de prensagem, as diferenças entre o processo japonês e europeu são insignificantes. Esta afirmação é justificada devido ao fato de o tempo de ciclo ser tecnicamente determinado pelo design da ferramenta, esta que pode ser danificada se o processo de conformação for acelerado.
- Os gerentes de produção de estamparias japonesas não necessariamente são engenheiros especialistas, pois a rotatividade entre departamentos faz com que esta gerência integre a engenharia de maneira única. Assim, eles gastam a maior

parte das horas de trabalho caminhando ao longo da fábrica buscando oportunidades de melhorias. Todos veem que é desejável reduzir o tempo improdutivo e podem identificar os meios técnicos que levam a esse fim.

### 2.3.2 Ferramentas no cenário estamparia

A importância que o ferramental possui em uma estamparia é inquestionável, principalmente através dos comentários de Rawlinson e Wells (1996), com relação a suas dimensões e peso, situação esta que gera uma dificuldade de movimentação considerável. Gest (1995) também salienta a dificuldade de transporte e movimentação de ferramentais e gabaritos devido a seu peso sugerindo o seccionamento destes para movimentação manual. Entretanto esta não é uma solução para estamparias devido ao ferramental pesar toneladas. Assim sendo, um estudo específico sobre ferramentas pode enriquecer a discussão sobre flexibilidade e redução de custos em estamparias.

Em se tratando da dificuldade de movimentação, Claunch e Stang (1989) destacam a importância da organização e armazenamento de ferramental e de ferramentas simples, como chaves de boca. Segundo os autores, é comum operadores percorrer tempos consideráveis a procura deste tipo de recurso. Além disso, os autores chamam atenção para o armazenamento do ferramental o mais próximo das máquinas que as usam, diminuindo a necessidade de manuseio. Claunch e Stang (1989) também sugere que a definição de locais fixos para ferramentas que estão entrando e saindo das prensas, ainda sendo incluída identificação de que o ferramental esteja em plenas condições de produção ou necessite de algum reparo.

Melhorias no armazenamento e transporte de ferramentas (incluindo lâminas, matrizes, gabaritos e medidores) também foram citadas por Shingo (1985) como contribuintes na simplificação das operações, embora estas não serem suficientes para tal resultado. O autor destaca o uso de equipamentos específicos, avançados e automatizados para armazenar e mover peças e ferramentas como uma solução que auxilia nesta melhoria.

Ainda se tratando sobre operações de movimentações, Shingo (1985) afirma que melhorias no armazenamento e transporte de peças e ferramentas podem contribuir diretamente para simplificação das operações de *setup*. Como exemplo, o autor cita algumas formas de movimentação de ferramental como uso de

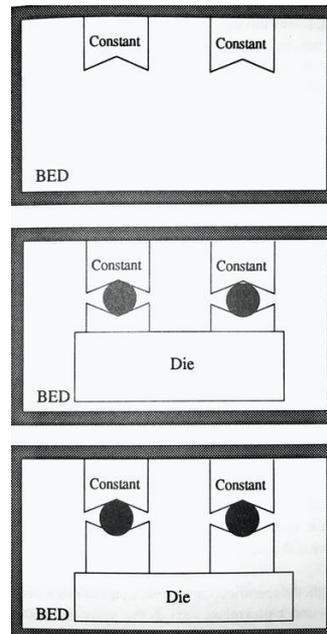
empilhadeiras, de mesas móveis e em duplicidade, de bases transportadoras com roletes, para ferramentas de peso médio, e bases transportadoras com auxílio hidráulico ou pneumático para ferramentas com peso e tamanho relevantes.

A importância das ferramentas na operação de *setup* de estamparias é inquestionável. Conforme Shingo (1985), para a otimização da operação de *setup* em estamparias, as ações de ajuste da altura de fechamento, centralização, montagem, transporte e armazenamento de ferramentas devem ser otimizadas.

O ajuste da altura de fechamento da ferramenta é um dos mais críticos e exigentes aspectos da operação de *setup*, pois se um ajuste de altura de fechamento resultar em um curso insuficiente, peças defeituosas serão produzidas, entretanto se o curso for muito grande, a matriz será destruída (SHINGO, 1985). Por este motivo, o autor ressalta que este ajuste requer um alto grau de habilidade e execução desta operação como parte do *setup* interno. Ainda se tratando de ajustes da altura de martelo, Shingo (1985) afirma que a razão pela qual os ajustes de altura de fechamento são necessários é devido as diferentes alturas das ferramentas. Como solução, o autor sugere que as alturas das ferramentas deveriam ser uniformizadas de acordo com a capacidade da máquina em questão. Entretanto, Shingo (1985) ressalta que esta ação exigiria um alto grau de precisão na construção de ferramentas.

Já com relação ao posicionamento da ferramenta na mesa da prensa, Shingo (1985) afirma que tal operação exige atenção, pois caso esta operação não seja realizada com precisão a ferramenta pode ser danificada. Como solução, o autor propõe o uso de gabaritos de centralização, estes que, através de referências fixas a máquina, como dispositivos fixos na ferramenta e na mesa que garantam o perfeito encaixe e, por consequência, o posicionamento correto da ferramenta. Solução semelhante também fora proposta por Claunch e Stang (1989), afirmando que estes sistemas agilizam a etapa de posicionar a ferramenta – Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de sistema para posicionamento de ferramenta na mesa da prensa.



Fonte: Claunch e Stang (1989, pág. 201)

Claunch e Stang (1989) salientam a importância das informações para ajustes de ferramentas, por exemplo, parâmetros de máquina, estejam padronizados e disponíveis a todos os operadores.

Para solucionar as dificuldades de ajustes e posicionamento de ferramentas Shingo (1985) propôs a padronização de ferramental. Para o autor, a busca pela padronização das dimensões de ferramentas, como alturas e espessuras de regiões de fixação, além de elementos que compõem o *setup*, como ferramentas, fixadores e réguas, traz inúmeras vantagens, como: redução dos tempos de *setup*; simplificação da organização; eliminação do tempo perdido ao procurar parafusos adequados para fixação; eliminação do uso de calços para adequação de altura; eliminação da necessidade de regular as alturas de aperto dos parafusos. Entretanto o autor é contrário à busca pela padronização de tamanhos e dimensões de todas as peças e ferramentas da máquina, padronização esta, denominada pelo autor de padronização de forma. A justificativa é dada devido a este tipo de padronização tornar as matrizes maiores, aumentando o custo desnecessariamente. Por outro lado, o autor defende a padronização de função, esta que busca tornar comum somente as partes cujas funções são necessárias do ponto de vista das operações de *setup*.

Além da padronização, para buscar a otimização das operações e o aumento da produtividade autores como Gest (1995) e Claunch e Stang (1989) apontam para

que as soluções sejam concebidas desde o projeto do ferramental. Gest (1995) retrata a importância de que projetos de ferramentais sejam intercambiáveis para a máquina. Já Claunch e Stang (1989), afirmam que a manufatura e projetistas devem trabalhar juntos durante a etapa do projeto de ferramentas, projetando-as com base em alguns fatores como: baixo tempo de *setup*; eliminação do uso de ferramentas manuais; eliminação de ajustes de máquinas, como posicionamentos; e limpeza facilitada.

Uma das características mais importantes da mudança rápida é a capacidade de projetar peças ou produtos que podem ser produzidos com o menor custo total e a mais alta qualidade possível, sem passar por uma troca longa e dispendiosa.

(CLAUNCH; STANG, 1989, pág. 216)

Claunch e Stang (1989), com a proposta de trazer a produtividade como o fator central no projeto de ferramental, desenvolveram um método denominado DFP (*Design for Producibility*). Conforme os autores, este método busca: baixos custos de mão-de-obra, material e *overheads*; reduzir custos de ferramental; reduzir partes do ferramental; adicionar a flexibilidade na manufatura; buscar a qualidade. Assim, o projeto de ferramental passa por regras como minimização de componentes através da união ou uso de componentes multifuncionais, buscando a padronização.

Neste contexto, com base nas informações levantadas a respeito de ferramentas, torna-se possível afirmar que estas, além de fundamentais para estamparias, podem dificultar as operações, principalmente a de *setup*. Buscar soluções como a padronização de seus elementos e dimensões, além de dispositivos posicionadores gerará uma influência positiva no processo de redução do tempo de *setup* e, conseqüentemente, na melhoria da operação.

### 2.3.3 Considerações finais sobre estamparia

Com base na pesquisa realizada, fica evidenciado que estamparias possuem relevante complexidade (ROY; MEIKLE, 1995; SUN, 2013), estando esta complexidade justificada por: utilizarem ferramental específico para cada componente (OPRITESCU et al., 2019) e com dificuldades de movimentação devido à características significativas de peso e tamanho (RAWLINSON; WELLS, 1996); possuírem processos individuais, envolvendo uma única ferramenta e prensa, processo em linha, envolvendo várias ferramentas e prensas, e processos em prensas

“*transfers*”, onde uma ferramenta de vários estágios é colocada em um prensa única mas que, porém, possui movimentação automatizada; serem cumpridoras de demandas dos clientes internos, havendo a necessidade de se adaptarem as necessidades destes (OPRITESCU et al., 2019); deterem tempos de *setup* consideráveis e ainda, na sua grande maioria, *layouts* funcionais e tamanho relevante de lotes de produção (ROY; MEIKLE, 1995); apresentarem dificuldade no sequenciamento de produção devido aos significativos tempos de *setup* e lotes de produção (HWANG; SUN, 1998).

Neste contexto, parece possível afirmar que a complexidade de estamparias estaria justificada devido a movimentação e manipulação de ferramentas e peças associadas a tempos consideráveis de *setup* e uma variabilidade numerosa de peças, tornando a gestão e otimização dos recursos dificultosa. Além disso, a afirmação de Opritescu et al. (2019), que contextualiza a estamparia como um cumpridor de demandas internas, situa as estamparias como a base da indústria metalmeccânica, sendo fornecedora de componentes para a produção de conjuntos soldados ou montados, estes formarão máquinas e veículos.

Outro fato importante a se destacar é que a descrição de estamparias realizadas por Williams, Mitsui e Haslam (1991) e Rawlinson e Wells (1996) parecem ser ainda muito contemporâneas. Isto talvez seja explicado pelo processo, formado por ferramentas e prensas não terem evoluído consideravelmente. Parece que a evolução de tecnologia em estamparias está relacionada ao processo de manipulação de peças e ferramentas (KAMPA; GOŁDA; PAPROCKA, 2017).

Em se tratando da importância de maximização de uso dos recursos, cabe destacar a necessidade de medição desta utilização. Assim, os estudos de Kampa, Golda e Paprocka (2017), tomando como base o OEE como indicador principal para seus estudo em uma estamparia, associado as observações de Sarker (1990), que trouxe a importância de acompanhamento das máquinas ao longo do período produtivo, credita este indicador como um medidor de desempenho interessante no ponto de vista da busca pela maior utilização dos recursos e, conseqüentemente, da redução dos custos produtivos.

Em se tratando do sequenciamento de produção, sua importância está relacionada a otimização de *setup*. Esta importância torna-se ainda mais relevante ao ser relacionado com o problema de falta de padronização da altura das ferramentas encontrado por Shingo (RAWLINSON; WELLS, 1996). Assim, o sequenciamento de

produção, através do desenvolvimento do *Heijunka* já citado, poderia otimizar o *setup* reduzindo, por exemplo, as regulagens de martelo.

Com relação a operação de *setup*, é notório o desenvolvimento que o SMED trouxe ao cenário estamparia, proporcionando uma nova visão para a utilização dos recursos. Com a lógica de redução dos tempos de *setup* é possível a realização de um número maior desta operação, mantendo a utilização do recurso. Desta forma, parece que buscar a redução do tempo de *setup* associa a flexibilização mantendo o custo produtivo. Além disso, as dificuldades obtidas por Shingo, mesmo que a dezenas de anos atrás, parecem ser atuais em estamparias.

Além disso, é fundamental destacar o papel das pessoas no processo de melhoria SMED. A redução das habilidades dos operadores através da padronização e procedimentos que o SMED traz ao operacional permite a redução das habilidades das pessoas envolvidas na operação, como citado por Rawlinson e Wells (1996). Os autores ainda ressaltam a importante participação ativa que a gestão possui nas fábricas japonesas de maneira a garantir a melhoria contínua. Neste contexto, seria correto afirmar que aplicar SMED exige disciplina por parte de todos os envolvidos, do operacional à gestão.

Portanto, assim como as indicações de solução para o *trade-off* flexibilidade e custos apontam para a redução da operação de *setup*, parece que esta solução se torna ainda mais relevante no ambiente de uma estamparia. Além disso, devido a influência considerável que o ferramental de uma estamparia pode trazer nesta operação, buscar conhecimento neste assunto traria possíveis melhorias. Portanto, uma pesquisa mais detalhada para a redução do tempo de *setup* e das variáveis que o influenciam faz-se necessária e importante para este trabalho. Além disso, a busca pelo detalhamento a respeito do sequenciamento de produção através do auxílio de ferramentas, como o *Heijunka*, e por processos que busquem a otimização dos recursos também se torna importante para o desenvolvimento deste trabalho.

## **2.4 A importância da redução do tempo de Setup**

A importância dos tempos de preparação (*Setup*) na Função Operação foi destacada seminalmente por Shingo (1985) em 1950 através de trabalho de consultoria realizado na Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima. Para o autor as estratégias tradicionais para otimização da operação de *setup* estão relacionadas à

necessidade de habilidade e conhecimento, principalmente através do uso de operadores especializados na troca de ferramentas, e por estratégias que envolvem grandes lotes, diminuindo o número de *setups* (SHINGO, 1985).

Entretanto, Shingo (1985) enxergou a operação de *setup* de forma diferente. Conforme o autor, a estrutura interna de operações pode ser analisada como: Preparação e ajuste, operações estas que são realizadas uma vez, antes e depois de cada lote ser processado; Operação principal, abrangendo a operação essencial, aquela onde a tarefa é realizada, operações auxiliares, como retirada e alimentação de peças, e operações necessárias mas que ocorrem de maneira irregular, como paradas para repouso e consertos de maquinário. Nesta lógica, Shingo dividiu a operação em duas categorias de análise, dando ao processo de preparação e ajuste de equipamentos uma importância que até então era tido como algo inerente ao processo.

Como definição, o tempo da operação de *setup* é definido como o tempo situado entre a conclusão da tarefa de processamento atual até que seja produzido um produto livre de defeitos da próxima tarefa (HIRANO, 2010). Assim sendo, o tempo de *setup* se caracteriza por um intervalo onde os recursos disponíveis não geram valor, tornando este intervalo de tempo um desperdício.

Ainda como definição, o tempo de *setup* total é a soma do tempo do *setup* interno com o tempo de *setup* externo (HIRANO, 2010). Entende-se por *setup* interno o tempo que se inicia quando o atual processo é terminado e conclui quando o primeiro item, livre de defeito, é produzido. Já o tempo de *setup* externo é o tempo despendido pelo operador de maneira independente da máquina enquanto a mesma continua operando.

Conforme Claunch e Stang, (1989), a necessidade de redução de tempo nas operações de *Setup* justifica-se por uma série de fatores, dentre estes pode-se destacar:

- Redução de custos através da redução de inventário;
- Redução do tamanho dos lotes, sem gerar aumento do custo de setup;
- Redução do *Lead Time*, através da redução da espera das peças no fluxo produtivo;
- Redução de inventário via produção de lotes menores;

- Aumento da capacidade produtiva, através do aumento do tempo de agregação de valor;
- Aumento da flexibilidade devido a facilidade de produzir pequenos lotes de diferentes produtos;
- Melhoria de ferramentas e do projeto de produtos através do trabalho conjunto de times de engenharia e manufatura que, ao longo do tempo, terão a redução de *setup* como uma premissa de trabalho;
- Melhoria da produtividade através da produção de produtos que estão demandados pelos clientes;
- Melhoria da qualidade devido ao processo orientado que uma redução de *setup* exige;
- Redução de sucata devido ao aumento e controle de qualidade que pequenos lotes proporcionam;
- Melhoria do fluxo de material por ser menos dispendioso o trabalho de gerenciamento de materiais;
- Possibilidade de proporcionar mais tempo para manutenção preventiva devido o aumento da eficiência dos equipamentos.

Em alguns tipos de máquinas, equipamentos e linhas produtivas, o processo de *setup* pode variar de frações de minuto até dias, dependendo de característica específica de cada processo, ou seja, o *setup* pode ter elevado grau de variação.

A redução dos tempos de *setup* está diretamente ligada ao aumento da flexibilidade e a redução de custos. Quanto menor for o tempo de *setup*, menor poderá ser o tamanho do lote de produção. Lotes de produção menores permitem que máquinas produzam uma variedade maior de itens para atender as necessidades do cliente. A necessidade e o foco na flexibilidade correspondem diretamente aos tamanhos dos lotes, tornando o questionamento de qual é o menor tamanho de lote para produzir de maneira econômica uma questão chave (CAKMAKCI, 2009). A produção econômica de tamanhos menores de lotes é uma estratégia fundamental para alcançar prazos de produção e *Lead Time* mais curtos (SINGH; KHANDUJA, 2010)

Conforme a ótica do STP, o uso de pequenos lotes é embasado na ideia de que no mercado, cada consumidor, por exemplo, adquire um carro diferente, e assim, na fabricação, os carros devem ser feitos um por vez (OHNO, 2013). Esta visão está

relaciona à necessidade de flexibilidade devido a exigência do mercado de requisitar diversidade. Já a redução de custos, Ohno (2013) relacionou a produção de grandes lotes com o aumento de inventário, criticando o Sistema Ford e dizendo que o mesmo advoga os grandes lotes, lida com vastas quantidades e produz muito inventário.

O uso de pequenos lotes contraria a visão dos lotes econômicos que, conforme Hirano (2010), trata-se de conceito obsoleto que as empresas ainda acreditam. Conforme os autores, ter um tamanho do lote que ajudasse a minimizar a soma dos custos de troca e custos de estoque faria sentido somente se assumir de que estes custos são constantes. Porém, estes não incluem os custos do inventário em processo (WIP). Shingo (1985) explicou esta ideia de constância através do exemplo da Tabela 1, demonstrando que a ideia de se ter grandes lotes é dividir tempo de *setup* fazendo com que o tempo de processo total fique muito próximo a soma do tempo de processo unitário multiplicado pela quantidade de peças produzidas.

Tabela 1 - Relação entre tempo de setup e lote de produção.

| Tempo Setup | Tamanho do lote | Tempo da operação principal por item | Tempo de operação                               | Relação (%) |
|-------------|-----------------|--------------------------------------|---|-------------|
| 4 hrs       | 100             | 1 min                                | $1min + \frac{4 \times 60}{100} = 3,4 min$      | 340%        |
| 4 hrs       | 1.000           | 1 min                                | $1min + \frac{4 \times 60}{1.000} = 1,24 min$   | 24%         |
| 4 hrs       | 10.000          | 1 min                                | $1min + \frac{4 \times 60}{10.000} = 1,024 min$ | 2,4%        |

Fonte: Shingo (1985, pág 15).

Assim sendo, as empresas que utilizam o conceito de lotes econômicos consideram os tempos de preparação como um dos custos mais caros que se deve enfrentar, optando, por consequência, pela minimização das configurações de número de *setup* implementadas e por lotes de produção muito grandes (MOREIRA; PAIS, 2011). Ainda para os autores, a lógica do uso do lote econômico seria: se o tempo de *setup* aumentar, o número de peças a ser produzido deve aumentar.

Assim,

fábricas muitas vezes economizaram não tanto aproximando o tamanho ideal do lote econômico, mas tornando as coisas pouco maiores e minimizando as mudanças usando mais peças de menos matrizes. Essas economias provavelmente tiveram algum valor no passado, onde havia variedade limitada de produtos e produção em larga escala em massa. No entanto, com a tendência de diversos modelos de produtos e produção de pequenos lotes com prazos curtos de entrega, estes ficam obsoletos. (HIRANO, 2010, pág 593)

O Sistema Toyota de Produção buscou, através da redução do tempo de *setup*, a possibilidade de produzir pequenos lotes, minimizando uma das 7 perdas: a superprodução (OHNO, 2013). Para isto, o STP desenvolveu a metodologia SMED, esta que fora apresentada no livro seminal intitulado *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (Shingo, 1985), sendo este o principal referencial teórico a respeito do tema (SEIDEL, 2003). A partir desta obra, ainda conforme Seidel (2003), que as demais metodologias foram desenvolvidas.

#### 2.4.1 A metodologia SMED

Pode-se afirmar que o uso da metodologia SMED na indústria não é uma novidade. Esta afirmação é sustentada devido a ocorrência de estudos e pesquisas relatados nos periódicos. Por exemplo, ao digitar o termo “SMED” na base de dados *SCOPUS* há o retorno de cerca 145 artigos entre os anos de 1986 a 2018, com um número médio de publicações de 4,39 publicações/ano.

A metodologia SMED teve sua origem no ano de 1950, em um trabalho de aumento de eficiência, desenvolvido por Shigeo Shingo, na planta Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima (SHINGO, 1985). Este trabalho tinha como objetivo reduzir os gargalos nas prensas de 350, 750 e 800 toneladas. Assim, Shingo propôs acompanhar, com um cronômetro, o trabalho destas prensas ao longo de uma semana no intuito de ter conhecimento do trabalho que as prensas realizavam. Nesta análise Shingo detectou que havia a agregação de valor em somente 3% do tempo disponível, sendo os outros 97% desperdiçados em muitas operações. Além disso, durante uma operação de troca de ferramentas, aconteceu um episódio em que o operador, por não encontrar um parafuso de fixação, teve que improvisar através da adaptação de outro semelhante. Shingo constatou que este contratempo dispendeu mais de uma hora.

Com esta análise, Shingo (1985) identificou que a operação de *setup* possui, fundamentalmente, dois tipos: *Setup* interno – operações que podem ser realizadas

com a máquina parada; *Setup* externo – operações que podem ser realizadas com a máquina em operação. Assim sendo, com organização de procedimentos e a separação de tempos de *setup* interno e externo, com outras ações de organização, Shingo conseguiu aumentar a eficiência do equipamento em 50% (SHINGO, 1985).

A separação das operações de *setup* em interno e externo trouxe um foco para a redução da operação de *setup*, fazendo com que o maior número de operações internas passasse a ser realizadas externamente. Através desta técnica, em um desafio proposto a ele na Toyota Motor Company's em 1969 para reduzir um *setup* de 90 minutos para 3 minutos. A partir deste exemplo prático Shingo (1985) propôs que qualquer tempo de *setup* pode ser realizado em menos de dez minutos, adotando assim o termo SMED – *Single Minute Exchange of Die*. O método SMED tem como objetivo realizar a operação de *setup* em um número de minutos expresso em um único dígito (MOREIRA; PAIS, 2011).

A metodologia SMED possui 3 passos lógicos descritos por Shingo (1985) como:

- **Separando *setup* interno e *setup* externo:** Trata-se da identificação e separação das operações que podem ser executadas de maneira independente da máquina (*Setup Externo*) e aquelas que necessitam da máquina para a sua realização (*Setup Interno*). Shingo (1985) sugere que seja feito um esforço científico para tratar o máximo possível da operação de *setup*, como o *setup* externo, o tempo necessário para a operação interna - realizada com a máquina desligada - geralmente pode ser cortada em cerca de 30% a 50%.
- **Convertendo *setup* interno para *setup* externo:** o segundo passo da implementação do SMED trata-se da conversão do *setup interno* em *setup externo*, passo este que, de acordo com Shingo (1985), envolve duas noções importantes: I) Reexaminar as operações para verificar se alguma etapa é assumida incorretamente como interna; II) Encontrar maneiras de converter essas etapas em *setup* externo. Ainda sobre esta etapa, Shingo (1985) faz uma importante observação, afirmando que novas perspectivas que não estejam vinculadas aos velhos hábitos produtivos devem ser buscadas.
- **Simplificando todos os aspectos da operação de *setup*:** este passo busca, através de um esforço conjunto, a otimização tanto do *setup interno* quanto do

*setup externo*. Para isto, conforme Shingo (1985), torna-se necessário uma análise detalhada de cada operação.

Com relação a identificação das operações que podem ser transformadas de *setup interno* para *setup externo*, Shingo (1985) afirma que esta ação não é uma função óbvia. Para isto, o autor sugeriu três maneiras para se analisar as operações de *setup*: I) Análise de produção contínua com um cronômetro; II) Análise com base em uma amostra de trabalho; III) Análise com base em entrevistas dos operadores para saber as reais condições do chão-de-fábrica. O autor ainda destaca uma quarta opção que é análise com base em filmagem feitas das operações de *setup*, filmagem esta que o autor sugere mostrar aos operadores logo após a realização das operações de maneira a propor a discussão e ideias para melhoria do processo. De fato, estas diversas formas de análise podem ser utilizadas de forma complementar, propondo assim uma análise contundente e soluções criativas para as operações.

A evolução da aplicação do método SMED é definida por Shingo como os "4 estágios conceituais" de seu processo de melhoria (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000):

- Etapa 0: Operações de *Setup* interno e externo não estão distinguidos;
- Etapa 1: Separando *Setup* interno e externo;
- Etapa 2: Convertendo *Setup* interno em externo;
- Etapa 3: Racionalizando todos os aspectos da operação de *Setup*.

Conforme Shingo (1985), a Etapa 0 consiste no estágio atual em que a operação se encontra, com as operações de *setup* sendo realizadas com o recurso produtivo parado. O autor destaca que, como tradição, as operações de *setup* não são analisadas pelos engenheiros de manufatura que, em geral, atribuem aos operadores a responsabilidade de executar estas tarefas o mais rápido possível.

Na Etapa 1, Shingo (1985) propõe a separação das operações de *setup* interno e externo. Com este passo, o autor buscou a identificação de atividades que dependem ou independem do recurso máquina.

Já com a Etapa 2, Seidel (2003) destaca que neste estágio, busca-se aprofundar a análise, verificando se não foi negligenciado nenhuma atividade externa que ainda esteja sendo realizada com a máquina parada, e, ainda, encontrar meios para transformar as atividades externa em atividades internas. Em outras palavras

esta etapa busca garantir que nenhuma atividade que possa ser realizada de maneira independente do recurso esteja sendo realizada com este parado.

Por fim, a Etapa 3 consiste em propor, através de análises mais profundas, melhorias radicais nas operações de *setup*. Para esta etapa, Seidel (2003) propõem dar uma atenção especial para tomar ações visando reduzir os tempos de ajustes. Já Hirano (2010) propõe o desenvolvimento de máquinas e equipamentos especializados para a redução das operações.

Além de desenvolver etapas com o propósito de reduzir os tempos de *setup*, Shingo realizou outras observações a respeito do processo de troca de ferramentas, estas que foram quantificadas de maneira a propor foco no processo de melhoria dos tempos de *setup*. Uma destas observações trata do fato de que, em geral, os *setups* possuem operações básicas, sendo estas independentes de características de equipamentos ou processos. Esta observação sugere que qualquer processo de *setup* pode ser avaliado com base em seu método, assim como, que há atividades que desprendem maior tempo, estando nestas a possibilidade de com uma pequena melhoria gerar uma redução considerável de tempo. Se há uma parte em particular que frequentemente necessitar ser ajustada deve-se focar o time de redução de *setup* nesta parte (CLAUNCH, 1996).

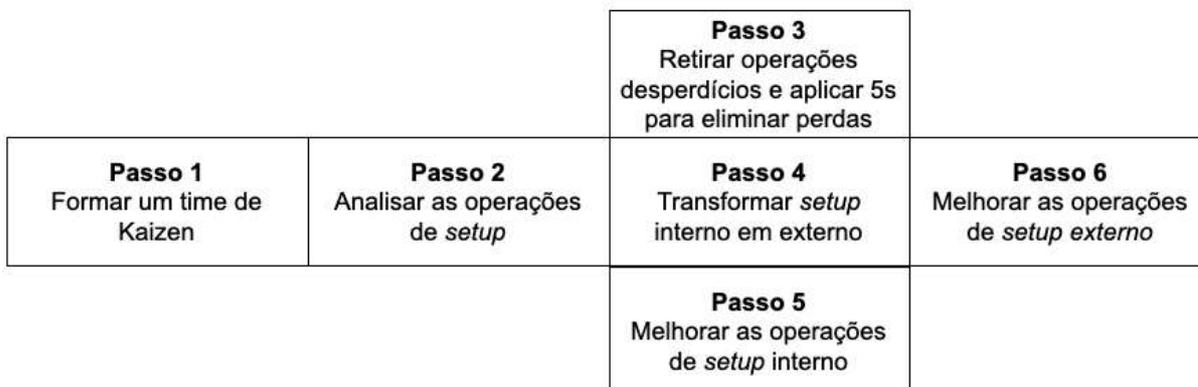
A etapa de ajuste consiste nas operações e testes que buscam a produção de peças que atendam a especificação técnica. Shingo (1985) ressalta que esta etapa depende da habilidade do operador e das medições e calibrações executadas para qualificar a peça. O autor ainda destaca a representatividade das atividades de ajustes representam uma parte considerável no tempo de *setup* – Quadro 6.

Quadro 6 - Operações básicas de *setups*.

| <b>Operação de Setup</b>   | <b>Proporção de tempo</b> |
|--|---------------------------|
| Preparação, ajuste pós-processo e verificação de matéria-prima, matrizes, gabaritos, ferramentas, etc. | 30%                       |
| Montagem e remoção de ferramentas, matrizes, gabaritos, etc.   | 5%                        |
| Centragem, dimensionamento e definição de outras condições.  | 15%                       |
| Operações para teste e ajustes   | 50%                       |

Fonte: Shingo (1985, pág. 27).

Além da metodologia SMED, há outros métodos que propõem a redução do *setup* e que possuem etapas semelhantes, entretanto com alguns passos adicionais. Uma destas é o método proposto por Hirano (2010). Este método propõe 6 passos para buscar a redução do tempo de *setup* – Figura 6.

Figura 6 - Passos para melhoria da operação de *setup*, segundo Hirano (2010).

Fonte: Hirano (2010, pág. 598).

O método de Hirano (2010) adiciona dois importantes elementos ao processo de melhoria de processo: O aspecto humano, com a formação e a importância de um time de *kaizen* que esteja engajado e com forte apoio da alta gestão; a eliminação das perdas através do uso do 5S, adicionando assim uma ferramenta/técnica que ajudará a sustentar a melhoria alcançada. Além disso, destaca etapas específicas para melhorar as etapas do *setup* interno e externo, buscando a melhoria de todas as operações de *setup*. Porém, o método não apresenta soluções do “como” executar cada etapa.

Já Kannenberg (1994) propôs um método que também adiciona elementos ao modelo base de Shingo (1985). O autor traz para seu método a importância de as etapas iniciais de implantação da troca de rápida de ferramentas possuir passos específicos de envolvimento da alta administração, gerando assim uma visão mais estratégica para o processo de redução do tempo de *setup*. Além disso, o autor destaca etapas de formação de time e de escolha de equipamentos para o desenvolvimento do trabalho. As etapas propostas por Kannenberg (1994) são:

- 1) Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração;
- 2) Estabelecimento de uma equipe estratégica;
- 3) Análise do futuro da planta produtiva, com a visão de possíveis alterações em processos, pessoal, venda/aquisição de equipamentos e no mix de produtos
- 4) Estabelecimento de políticas de médio e longo prazos, tais como: i) aquisição de equipamentos; ii) projeto de produtos visando à Troca Rápida de Ferramentas; iii) priorização ao ataque; iv) definição de metas; v) construção padronizada de dispositivos, ferramentas e máquinas; vi) disponibilidade da

ferramentaria e da manutenção; vii) educação e treinamento; viii) formação das equipes de trabalho; ix) normas de segurança e risco; x) normas de documentação.

- 5) Definição do equipamento/processo a ser estudado;
- 6) Escolha e treinamento das equipes de trabalho.
- 7) Separar preparação interna de externa: i) levantamento de dados; ii) análise; iii) execução;
- 8) Simplificação dos passos internos e externos;
- 9) Transferência de passos internos para externos.

A metodologia TPM – *Total Productive Maintenance* – desenvolvida por Seiichi Nakajima (1988) e que, conforme Seidel (2003), visa otimizar a eficiência dos equipamentos, eliminar as quebras de máquinas e promover a manutenção autônoma do equipamento por parte do operador, também busca a redução dos tempos de *setup*. A Troca Rápida de Ferramenta (TRF) – termo também utilizado para traduzir a sigla SMED – é identificada como sendo uma das seis principais áreas de foco do TPM (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000). Porém, o método TPM possui característica mais abrangente e, quando se trata de redução do tempo de *setup*, não traz nenhum elemento novo. Em outras palavras, o SMED é usada como um elemento do “TPM” e do “processo de melhoria contínua” nos esforços para alcançar a manufatura enxuta (CAKMAKCI, 2009).

Outra importante contribuição para o processo de redução de *setup* foi o método proposto por Black (1998). O autor propôs 7 passos para promover a redução do tempo de *setup*: Passo 1 – determinar o método existente; Passo 2 – Separar os elementos internos dos externos; Passo 3 – Converter elementos internos em externos; Passo 4 – Reduzir ou eliminar elementos internos; Passo 5 – Aplicar métodos de análise e treinar as tarefas de *setup*; Passo 6 – Eliminar ajustes; Passo 7 – Eliminar *setup*. A abordagem de Black (1998) traz à tona um conceito de que a melhoria contínua da redução do tempo de *setup* é constante até atingir sua eliminação. Para isso, o autor propõe soluções como alterações de projeto das peças e produção simultânea de diferentes peças. Além disso, destaca a importância do treinamento dos operadores na operação de *setup*.

Um conceito a ser acrescido no processo de análise de *setup* é o de “Anomalia de Setup”, este apontado por Seidel (2003) como toda e qualquer interferência que determine que o tempo de *setup* supere consideravelmente do padrão ou planejado.

Assim, anomalias podem ser de carácter organizacional (por exemplo, falta de comunicação) ou de carácter técnico (por exemplo, quebra de ferramental). Dentre as justificativas para o uso do conceito de anomalia de *setup* Seidel (2003) sugere que: A eliminação das anomalias reduz o tempo global de paradas por *setup* e as perdas globais do sistema; O investimento para análise das anomalias é muito baixo; Eliminar as anomalias minimiza as causas especiais que atuam no *setup*.

Além disso, é possível destacar outras importantes contribuições de Seidel (2003) no ponto de vista prático na busca pela redução do tempo de *setup*, como:

- Unificação da gestão de ferramentais de *setup* e dispositivos de qualidade, importante devido ao percentual do tempo de *setup* associado à qualidade em geral, e aos dispositivos em particular;
- Definição e utilização do conceito de qualidade do *setup*, este que pode ser definido como a quantidade de itens rejeitados/retrabalhados produzidos nos setups em relação ao total de itens produzidos pela máquina;
- Definição de metas globais e locais para a redução dos tempos de *setup*, devendo estas serem definidas em reuniões específicas;
- Realização de programas específicos para redução de tempos de *setup* específicos por especialidade de equipamentos;
- Módulo específico de treinamento em processo de Troca Rápida de Ferramentas para os setores de Engenharia de Processos e Produto com o intuito de evitar possíveis falhas conceituais;
- Definição de uma política de treinamento *On-The-Job* (OJT), compreendendo estruturas de pessoal para treinamentos, estrutura física, programação de conteúdo, avaliação do aprendizado, além de lógica de atualizações de conteúdo frente às modificações em máquinas e ferramentais.

Em geral, aplicar métodos para a redução do tempo de *setup*, como o SMED, permite a flexibilização do sistema produtivo. De acordo com Seidel (2003), a necessidade de se reduzir os tempos de *setup* deixa de ser uma atividade comum ou de importância menor no processo produtivo para se transformar na prioridade da empresa na busca da flexibilização. Shingo (1985) reforça esta afirmação ao citar que a adoção da matriz de SMED facilita as trocas de produtos, possibilitando responder rapidamente às mudanças na demanda, aumentando assim substancialmente a

flexibilidade de fabricação. Além disso, o autor afirma que o SMED sempre pode ser alcançado se os conceitos e técnicas fundamentais forem aplicados corretamente. Entretanto, há algumas críticas ao SMED que são importantes de serem analisadas, embora estas não critiquem a importância da redução do tempo de *setup*, mas sim o método SMED em si.

#### 2.4.2 Críticas a metodologia SMED

Analisando as publicações e trabalhos relacionados com a metodologia SMED proposta por Shingo (1985), é possível identificar algumas críticas. Dentre estas, pode-se destacar as realizadas por Gest (1995), McIntosh; Culley; Mileham (2000) e McIntosh et al. (1996). Conforme Seidel (2003), a crítica formalizada e apresentada por estes autores é sustentada pela apresentação de novos elementos até então não suficientemente abordados, como: os conceitos utilizados; a sustentabilidade do programa; a variabilidade dos resultados; a falta de uma metodologia padrão; a abrangência do programa de redução de *setup*.

Conforme Gest (1995), o modelo de Shingo não trata de todos os elementos essenciais para a realização do processo de redução do tempo de *setup*. Para o autor, Shingo não trouxe detalhes como cada estágio do processo de redução de *setup* deve ser realizado, ou seja, não propondo uma análise rigorosa em cada fase do processo.

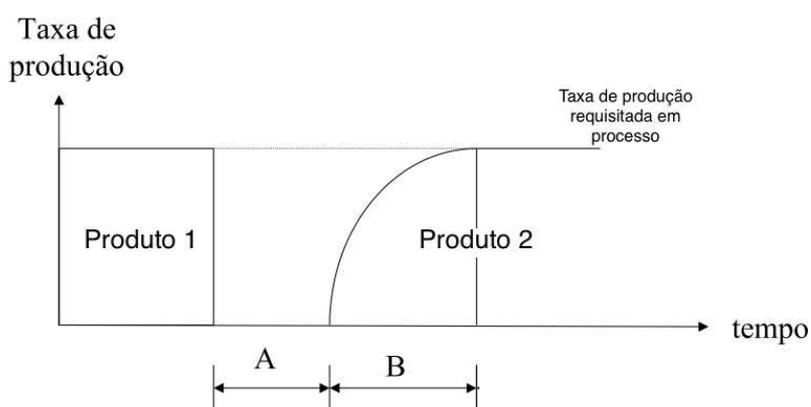
Adicionalmente, Gest (1995) traz críticas a respeito da sustentabilidade da melhoria na redução de *setup*, tomando como base estudos realizados em diferentes fábricas, constatando que nestas, após o término do programa, os tempos de *setup* voltaram a patamares semelhantes aos obtidos anteriormente a implementação da metodologia. O autor ressalta que esta falta de sustentabilidade faz com que as empresas necessitem de uma repetição dos esforços na busca pela redução destes tempos, gerando assim um retrabalho.

Como proposta de solução para as críticas realizadas, Gest (1985) propõe o desenvolvimento de um sistema de classificação das informações dos *setups* e a apresentação de uma metodologia para análise. As propostas do autor visam estabelecer maior corpo ao processo de análise, tornando-o mais profundo. Além disso, busca a melhoria das operações de *setup* de modo geral, tendo como base o uso de simbologia dos estudos de movimentos de Frank e Lillian Gilbreth.

Já McIntosh, Culley e Mileham (2000) afirmam que a busca em tornar o tempo de *setup* interno para externo muitas vezes não garantem que o tempo das atividades sejam melhorados. Para isto, os autores propõem, como uma possível solução, que a redução do tempo de *setup* pode ser satisfatória se houver alterações a nível de projeto de engenharia. Para eles, a mudança de projeto não precisa ser extensa, cara e muito menos demorar para ser empreendida. Porém seu impacto pode ser considerável, especificamente em ferramentas apropriadas para auxiliar na identificação de uma solução.

Outra crítica de McIntosh, Culley e Mileham (2000), McIntosh et al. (1996) e Gest (1985) é quanto a definição do tempo de *setup*. Eles contrariam a lógica de Shingo estabelecendo de que após a primeira peça ser produzida com qualidade, ainda há um período de *run-up*, tempo este que neste trabalho será denominado de tempo de aceleração da produção. Este é o período inicial, durante o qual a fabricação em estado estacionário está sendo restabelecida, ou seja, período em que a produção está ocorrendo, mas ainda está sendo impactada pela mudança (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000) – Figura 7.

Figura 7 - Representação gráfica do tempo de *setup* e *run-up*.

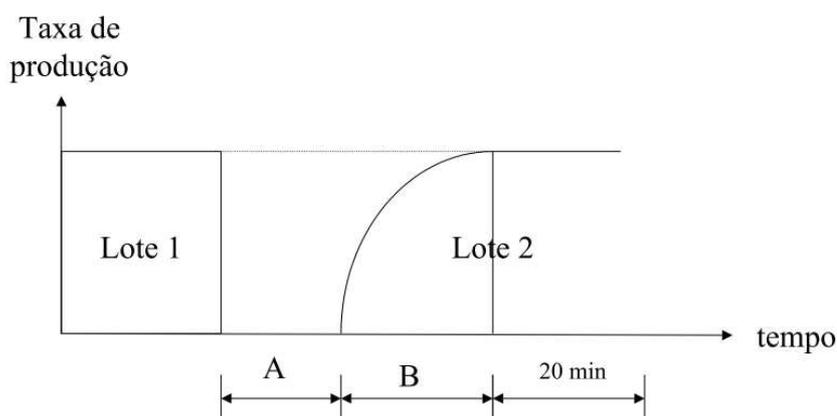


Fonte: McIntosh et al. (1996, pág 6).

A medição do tempo de *run-up* é dificultosa (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000). Para os autores, este tempo está relacionado aos ajustes necessários para estabelecer parâmetros de máquina corretos, ou ótimos, para permitir que a qualidade necessária e o volume de fabricação do novo produto ocorram. Ainda, na experiência dos autores, o período de aceleração da produção geralmente pode ser até dez vezes a duração do período de *setup*.

Uma proposta, do ponto de vista prático, para solucionar a dificuldade de medição do período de aceleração da produção pode ser obtida no trabalho de Seidel (2003). No estudo de caso relatado pelo pesquisador, como uma forma prática de determinar o tempo de *setup* seja dado como encerrado não ao final da produção do primeiro item de acordo com as especificações e sim após o cumprimento de 20 minutos de produção sem interrupções – Figura 8.

Figura 8 - Representação gráfica do conceito de *setup* ampliado.



Fonte: Seidel (2003, pág. 124).

Na lógica de Seidel (2003), se no intervalo de 20 min houver qualquer tipo de interrupção (por exemplo, uma regulagem) o *setup* não será dado como concluído e o tempo continuará em curso. Esta maneira mudaria, em prática, o conceito de tempo de *setup*, tornando-o como o tempo decorrente desde a produção da última peça do lote anterior até a produção da primeira peça boa do lote subsequente desde que em 20 minutos após a produção da primeira peça boa não ocorram interrupções (SEIDEL, 2003). O autor ainda relata que a determinação do tempo a ser considerado como ponto de referência para o término do *setup* deve estar relacionado ao tempo de ciclo da peça.

De maneira geral, pode-se afirmar que as críticas de Gest (1985), McIntosh et al. (1996) e McIntosh; Culley; Mileham (2000) são pertinentes no que tange a simplicidade de análise e soluções propostas por Shingo (1985). A maior profundidade da classificação e análise das etapas do processo de *setup* proposta por Gest (1985) possibilita o desenvolvimento de soluções mais robustas e vai a favor do desenvolvimento de planejamento sistemático e operacional das mudanças nos

*setups* (SEIDEL, 2003). Porém, não traz um método que permitisse aplicar e a sustentar um programa de implementação de melhoria nos tempos de *setup*.

Já o estudo de McIntosh, Culley e Mileham (2000) traz a discussão a importância de envolvimento de projetistas no processo de redução do tempo de *setup*. Nesta lógica, as soluções para a melhoria podem ser ampliadas de tal forma, que podem ocorrer a extremos de eliminação de etapas e processos que, até então, não eram nem sequer cogitados. Além disso, a participação dos projetistas traz um benefício de lições aprendidas, tornando os futuros novos produtos e processos mais otimizados. Outra visão importante que os autores trouxeram foi a observação do período de aceleração da produção, período este que pode ser reduzido através da busca da assertividade das tarefas de ajustes e/ou pré-ajustes (*Preset*).

Outro importante ponto é a proposta de alteração do conceito de *setup*, expandindo-o até o processo atingir o ritmo estabelecido em processo. Neste ponto, a sugestão de Seidel (2003) de estabelecer um tempo fixo mínimo que o processo deve ocorrer sem paradas ou peças com defeito parece ser prático e de fácil aplicação na fábrica.

#### 2.4.3 *Preset (Presetting)*

Mesmo que se tenha um tempo de troca de ferramentas muito baixo, o tempo de *setup* ainda pode ser muito longo devido ao tempo de ajuste, tempo este para que o processo produtivo esteja em um estado operacional e contínuo (GEST, 1995). Conforme Mileham et al. (2006), é típico perder até cerca de dez vezes mais tempo durante o processo de aceleração da produção do que na etapa de *setup*. Os autores explicam que isto pode acontecer devido ao fato de que ao reduzir o tempo de *setup*, a qualidade deste pode ser comprometida, aumentando consideravelmente o período para reestabelecer a produção. Shingo (1985) já destacava a importância do tempo de ajuste – Quadro 6 – afirmando que existe uma grande proporção de tempo associada a etapa de testes do *setup* é decorrente de problemas de ajuste.

Embora não com o termo *preset*, o processo de ajuste antes da realização do *setup* não é uma novidade e é utilizado na indústria já a algum tempo. Gest (1985) citou os procedimentos de medidas e ajustes de ferramentas em processos de usinagem como exemplo de processos de *preset* utilizado pela indústria. Neste tipo de processo, é comum a montagem e medição de ferramentas com dispositivos

específicos, eliminando as etapas de referenciamento de ferramental. Além disso, o autor destaca o uso de *Computer Numerical Controls* (CNC) como uma maneira de se obter ajustes rápidos e precisos. Já Shingo (1985) propôs o uso de calibres para reduzir o tempo de ajustes em *setups* de prensas.

O uso de *preset*, além de provocar a redução do tempo de *setup* gera influência na produtividade. Conforme Junior et al. (2018), o *preset* pode ter influências sobre os tempos produtivos e improdutivos não apenas durante o *setup*. Os autores fundamentam sua afirmação justificando que uma operação de *preset* gera maior produtividade devido o aumento da disponibilidade de máquina. Já Monteiro (2009) afirma que seu objetivo principal é o aumento da disponibilidade de máquina para a produção e, também, a redução de custos.

Elmoselhy (2013) associa o uso do *preset* com a tecnologia de *chips*, onde estes possuem as informações de ajustes e medições das ferramentas, possibilitando assim que a máquina realize a leitura de maneira automática. Segundo o autor, ao fazer isso, a empresa de manufatura elimina significativa parte da tolerância de configuração aqui que normalmente afeta negativamente a qualidade e o custo da produção.

Com uma visão mais sistêmica, Elmaraghy (1985) em seu estudo de aplicação de automação na manipulação e armazenamento de ferramentas de usinagem, destaca o uso de uma central de armazenamento de ferramental onde também se executaria as atividades de *preset*. Esta proposta foi explicitado na prática no estudo de Seidel et al. (2005), em um setor de usinagem, onde a empresa em questão possuía local e pessoas especializadas na execução das tarefas do *preset*. Isto torna o *preset* um processo não somente para uma máquina em específico, mas para um conjunto de máquinas que, para possibilitar a implementação, necessita de pessoal especializado e dedicado.

Seidel (2003) destaca em sua pesquisa que a principal relevância que o *preset* traz ao processo de *setup* é proporcionar uma organização do ferramental. Além disso, o autor relata que um importante ponto para esta operação é a centralização do ferramental, com área específica e acesso restrito a somente pessoas técnicas e destinadas a tarefa de *Preset*. Além disso, propõe que a sistematização e da padronização das atividades de *Preset* como maneira de propor e assegurar a manutenção dos resultados.

O processo de *Preset* visa a padronização, assim um ponto significativo é com relação a produção de peças na máquina definida em processo (máquina titular). De acordo com Seidel (2003), manter a máquina titular na produção garante que os ajustes realizados pelo *preset* serão efetivos para o início da operação. Para isto, o pesquisador sugere a criação de um mapa “*máquina x peça*” de gestão da equipe de *preset*.

Outra importante proposição de Seidel (2003) é a definição das funções destinadas ao *Preset* quanto aos ferramentais e dispositivos, estas sendo:

- Armazenamento adequado de todos os itens e ferramentais;
- Preparação e entrega com antecedência;
- Análise dos ferramentais e dispositivos retornados ao setor;
- Pequenos reparos de ferramentais e reposição de dispositivos gastos ou quebrados;
- Encaminhamento de consertos de ferramentais e dispositivos para a ferramentaria ou terceiros;
- Gerenciamento das melhorias dos ferramentais e dispositivos;
- Controles de vida útil de ferramentas e componentes (se necessário);
- Controle das despesas;
- Análise de novos ferramentais e dispositivos em função da introdução de novos produtos.

A análise da literatura sugere que o processo de implementação do *preset* não está amplamente difundido, principalmente através de uma descrição de passos sistemáticos. Entretanto, um trabalho interessante de se destacar, do ponto de vista prático e aplicado, é o estudo de caso da gestão do *preset* realizado por Monteiro (2009). Este trabalho descreve o processo de implantação, com o detalhamento das funções e estruturas, além das atividades, responsabilidades e rotinas que o *preset* propõe a gerir em um cenário de usinagem.

A implantação do *Preset* é proposta por Monteiro (2009) através de 4 passos distintos. Estes passos visam proporcionar a organização e padronização das ferramentas, além da disposição destas em local exclusivo e restrito, como também proposto por Seidel (2003) – Quadro 7.

Quadro 7 - Passos de implementação da gestão do Preset proposto por Monteiro (2009).

| Passo | Descrição   |
|-------|---|
| 1     | Reunião de todos os ferramentais e ferramentas da fábrica em uma área exclusiva.  |
| 2     | Divisão de todos os ferramentais por operação. Este passo é semelhante ao de um supermercado que acondiciona as mercadorias por seções, tais como bebidas, produtos de higiene, limpeza etc.            |
| 3     | Revisão dimensional e dos respectivos desenhos, visando à correção dos erros. Trabalho deve ser realizado em conjunto com a engenharia de processos, com a finalidade de oficializar todos os desenhos. |
| 4     | Acondicionamento e identificação dos ferramentais em armários dedicados.  |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Monteiro (2009).

Com relação as responsabilidades e atividades da equipe de *preset*, Monteiro (2009) propõe:

- a) Preparar e organizar o ferramental de *setup*, baseado na necessidade do programa de produção e nas documentações, instruções e roteiros de produção;
- b) Manter organizada a documentação necessária junto ao respectivo ferramental. Isto garante que o *setup* ocorrerá sem erros;
- c) Analisar a necessidade de uso dos conjuntos pré-montados e mantê-los organizados para cada aplicação específica, além de realizar a manutenção de componentes e partes que compõem o ferramental e que podem sofrer desgaste ou quebra. Esta atividade técnica está relacionada ao tempo de *setup*, qualidade e custos;
- d) Analisar as necessidades de compra de componentes e ferramentas de acordo com a produção e o consumo. O resultado desta etapa é a redução de custos de compra e a manutenção dos ferramentais;
- e) Manter o ferramental em adequadas condições de uso e devidamente identificado. Atividade que resultará a qualidade da preparação e do *setup*;
- f) Analisar as condições do ferramental após o seu uso na produção, encaminhando-o para conserto se necessário. A qualidade da análise influenciará diretamente no tempo de *setup*.
- g) Analisar os problemas relacionados aos ferramentais e dispositivos de maneira a gerar ações corretivas necessárias visando a redução do tempo de *setup*;
- h) Participar do desenvolvimento de novos produtos, interagindo com a Engenharia no desenvolvimento de novos ferramentais e na realização de testes funcionais. Atividade garante a melhoria contínua do *setup*;

- i) Analisar constantemente os ferramentais e os dispositivos de *setup* buscando a melhoria contínua junto a Engenharia com o objetivo de redução dos tempos de *setup* e padronização;
- j) Manter atualizado o cadastro de vida útil de ferramentas e componentes. Esta atividade busca a redução de custos e melhoria contínua dos ferramentais.

Em se tratando das rotinas da equipe de *preset*, Monteiro (2003) propõe:

- a) Distribuição de ferramentas para a produção diretamente nas máquinas, evitando assim movimentações desnecessárias de operadores e a parada de máquina por falta de ferramentas;
- b) Recolhimento das ferramentas que já foram utilizadas nas máquinas e análise para verificação de possíveis problemas em elementos de desgaste ou em outros elementos que compõe o ferramental. Esta análise pode ser realizada com base em um padrão pré-estabelecido ou pela experiência do operador;
- c) Análise de problemas ocorridos na produção do item e gerenciamento de plano de ação para correção;
- d) Identificação de conjuntos complexos e formulação de trabalho padronizado para suas respectivas montagens. Esta rotina visa desqualificar a necessidade de operadores específicos. O autor sugere a utilização de bancadas para simulação da montagem;
- e) Uso de *checklist* para a separação e verificação de ferramental, evitando assim erros ou imprevistos no processo de *setup*;
- f) Controle de vida útil de ferramental e componentes visando evitar problemas durante a produção de peças e redução de custos através da substituição antes de falhas, estas que podem causar sérios danos.

Analisando o estudo de caso de Monteiro (2003) ainda é possível identificar ganhos efetivos obtidos com a implementação do *preset* na empresa estudada relacionados a:

- a) Ganhos em Segurança e Ergonomia, estes relacionados principalmente devido a padronização;
- b) Ganhos em Qualidade devido, essencialmente, a redução dos tempos de ajustes em máquinas, produzindo peças com qualidade em menor tempo;

- c) Ganhos com Eliminação de Erros de *Setup* onde a organização e padronização são fatores geradores importantes;
- d) Ganhos em Flexibilização da Produção, com a redução dos tempos de *setup* possibilitando a produção de uma variedade maior de peças sem afetar negativamente no custo;
- e) Ganhos em Eficiência Global dos Equipamentos através do aumento do tempo em produção com a redução dos tempos de *setup* e de possíveis problemas que podem ocorrer ao longo da produção e que estariam relacionados a ferramenta.

Assim sendo, o *preset* traz vantagens ao processo de *setup*, otimizando e reduzindo a possibilidade de erros, evitando assim atividades de correções e ajustes. Tornar o *preset* uma etapa do processo de *setup* com local e pessoal dedicado para tal atividade parece ser uma solução viável no ponto de vista prático e econômico, devido as vantagens identificadas nos estudos mencionados.

#### 2.4.4 Considerações finais sobre redução do tempo de *setup*

Com base na literatura sobre a importância da redução de *setup* (CLAUNCH; STANG, 1989; SHINGO, 1985), somada as propostas de solução para *trade-off* custo versus flexibilidade (BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008; RAWLINSON; WELLS, 1996), é fato que a busca por processos e métodos que busquem propor a redução dos tempos de *setup* estão alinhados ao aumento da flexibilidade sem causar o incremento dos custos produtivos, provendo até, dependendo da magnitude da melhoria, a redução destes custos.

Menores tempos de *setup* permitem a redução dos lotes produtivos, proporcionando além de flexibilidade menores WIP e *Lead Times* (CLAUNCH; STANG, 1989). Entretanto, uma importante constatação é que os lotes de produção devem ser reduzidos de maneira proporcional a melhoria alcançada nos tempos de *setup*, pois caso contrário custos seriam adicionados ao processo produtivo, assim como o caso ocorrido na Plastech e explicitado por Berry e Cooper (1999).

Em se tratando de métodos para a redução dos tempos de *setup*, o SMED, mesmo que com algumas críticas, é um método claro e coeso, sendo os outros apenas pequenas variações do próprio SMED. A busca por tornar o maior número de

operações independentes da máquina (*setup* externo) pode trazer uma melhoria rápida e fácil para a operação.

Entretanto, ao analisar os outros métodos de redução do tempo de *setup*, seria possível destacar alguns pontos, como:

- A etapa de formação de time para gerar a melhoria proposta por Hirano (2010) e Kannenberg (1994), além de trazer o aspecto do “como” iniciar o processo de implementação, sugere a necessidade de equipe focada para propor a melhoria;
- O envolvimento da alta gestão, proposto por Kannenberg (1994), dá ao processo de redução do tempo de *setup* uma importância na organização, tornando a sua implementação parte da estratégia da empresa. Parece que incluir esta etapa ao método de redução de *setup* dará foco à toda a organização, tornando a redução do tempo de *setup* um objetivo comum a todos;
- Adição do método 5S a melhoria de *setup*, também de Hirano (2010), ação esta que corrobora na manutenção da redução do tempo de *setup*, pois trabalha na mudança de hábito dos operadores, trazendo uma resposta à crítica de Gest (1995) quanto a sustentabilidade dos resultados;
- A visão mais abrangente que o TPM de Nakajima (1988) traz, associando que a melhoria contínua da operação pode envolver outros aspectos além do *setup*;
- O processo de melhoria de *setup* deve continuar até o extremo de este tempo não mais existir (BLACK, 1998);
- A busca pela redução dos tempos de *setup* através da melhoria de projeto de ferramentas e peças proposta por McIntosh; Culley; Mileham (2000), proposta semelhante a de Claunch e Stang (1989) e Claunch, (1996). Entretanto, parece que esta solução a nível de projeto traria resultados a longo prazo através da inserção da variável “*setup*” em novos projetos;
- A inclusão do período de aceleração da produção, citada por McIntosh; Culley; Mileham (2000) e McIntosh et al. (1996), na avaliação da operação de *setup* se torna importante devido ao impacto que este momento traz. De acordo com Shingo (1985), esta etapa pode representar até 50% do tempo total do *setup*. Isto altera o conceito de *setup*, ampliando-o para: fim da última peça do lote 1

até o atingimento da qualidade e taxa de produção requeridas em processo do lote 2;

- A sugestão de Seidel (2003) com relação a definição de um tempo mínimo que o processo deve ocorrer sem paradas ou peças com defeito permite a aplicação do conceito do período de aceleração da produção de maneira prática e clara na fábrica.

Já em se tratando do *preset*, é possível ressaltar alguns pontos, como:

- O *preset* é um processo para um conjunto de máquinas gerando assim, quando implementado, uma redução significativa no tempo de *setup* da fábrica e, especificamente, na estamparia;
- O processo de *Preset* visa a padronização e organização da etapa de *setup* externo da metodologia SMED, aumentando assim a sua qualidade e assertividade;
- O uso do *Preset* pode reduzir consideravelmente os custos sob o ponto de vista de redução de quebras ou danos em ferramentas através das análises e substituição de componentes de desgaste. Este ponto, devido o alto custos de matrizes de estampo e conformação de ferramentas de prensas, é ainda mais significativo no cenário estamparia;
- Ter uma equipe exclusiva e ligada a produção para as atividades de avaliação e ajuste de ferramental faz, sob o ponto de vista de resultado, que esta busque constantemente o aumento da produtividade das máquinas, tornando a qualidade do ferramental e ajustes um meio para o atingimento de metas;
- A equipe de *preset* se tornará especialistas em *setup* e qualidade de ferramental. Assim, o envolvimento desta equipe na etapa de projetos de ferramentas pode, além propor soluções para ajudar na redução do tempo de *setup*, aumentar a assertividade no projeto através da sua experiência prática e de histórico de lições aprendidas.

Assim sendo, parece que aplicar o método SMED de Shingo (1985) trará a melhoria da operação de *setup* necessária para auxiliar no aumento da flexibilidade. Entretanto, a formação de time e a adição da metodologia 5S proposta por Hirano (2010) trará velocidade e sustentabilidade ao método SMED. Já a ampliação do

conceito de *setup* para inclusão do período de aceleração da produção parece ser necessária para aumentar análise do *setup*, proporcionando um aumento ainda maior na utilização dos recursos. Além disso, parece que a inclusão de um programa de *preset* para a otimização das etapas de ajustes torna-se também necessária, principalmente devido as diversas dificuldades que a manipulação, movimentação, posicionamento e regulagens de ferramentas presentes em estamparias.

## 2.5 Sequenciamento de produção

A importância do sequenciamento de produção para os sistemas produtivos foi apontada por Hwang e Sun (1998), Sun (2013) e Berry e Cooper (1999), sugerindo que o sequenciamento adequado pode aumentar a produtividade do sistema. Já Hwang e Sun (1998) e Sun (2013) sugerem que o tempo de *setup* é influenciado pela sequência de produção realizada. Assim sendo, parece que prover um sequenciamento adequado, levando características do *setup*, pode ajudar ao aumento da flexibilidade sem interferir negativamente no custo produtivo.

O uso de modelos computacionais que consideram o tempo de *setup* para a realização do sequenciamento de produção se torna ainda mais efetivo quando o tempo necessário para produzir os componentes se aproximam ao tempo necessário para a realização de *setup* (SUN, 2013). Assim, esta afirmação sugere que quanto menores forem os lotes de produção mais impactante é o uso de formas de sequenciar a produção levando em consideração o tempo de *setup*.

O sequenciamento de fábricas é uma das questões mais importantes no planejamento e operação do sistema de produção (SUN, 2013). Nesse sentido, o autor sugere que os problemas de programação têm sido de grande interesse para muitos pesquisadores, sendo os tempos de *setup* e tamanho de lote fatores chave no desempenho das fábricas.

Conforme Hwang e Sun (1998) e Sun (2013), há uma boa quantidade de trabalhos de pesquisa que lidam com tempos de *setup* dependentes de sequência de produção. Entretanto, os autores destacam que estas pesquisas consideram que o tempo de *setup* é dependente apenas do trabalho imediatamente antecessor, situação que pode não ser a real situação que ocorre nas indústrias.

A programação de estamparias requer um sistema de gerenciamento de fábrica com características significantes (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU,

2017). Além disso, os autores sugerem que o processamento de pequenos lotes de diferentes produtos requer uma maneira única de sequenciar a produção. Esta conclusão foi feita com base em estudo realizado com dados coletados de uma estamperia que possuía cerca de 27 prensas, onde o tempo de *setup* variava de trabalho para trabalho e de máquina para máquina. Isto amplia a dificuldade de sequenciamento devido a dificuldade de ter informações assertivas do tempo necessário para a realização desta operação.

Entretanto, sequenciar a produção levando em consideração a relação de características que o *setup* possa ter com o trabalho antecessor é complexo, pois há a necessidade de aplicação de modelos e heurísticas de cálculo para que a otimização seja realizada. Os trabalhos de Sun (2013) e Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017) são exemplos de trabalhos que consideram o *setup* para modelagens de sequenciamento de estamparias. Porém, Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017) sugerem que devido as fábricas do tipo *Job Shop* possuírem natureza dinâmica em seus trabalhos, os métodos heurísticos para programação de produção não funcionam. Além disso, os autores reforçam a necessidade de cuidados para desenvolver modelos e algoritmos especializados para programação de trabalhos em sistemas de fabricação deste tipo.

Em pesquisa Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017), demonstrou, através da utilização de um modelo proposto pelos autores, que sequenciar um lote de trabalhos mesmo considerando, como uma de suas premissas, que os tempos de *setup* não eram constantes geraram resultados significativos em se tratando de *Lead Time*, *WIP*, tempos de espera, tamanho de fila e utilização de máquinas. Esta conclusão reforça que o sequenciamento de produção pode trazer melhoras significativas com relação a flexibilidade e custos, já que estes são atingidos através das mesmas grandezas – Redução de *Lead Time*, *WIP*, tempos de espera, tamanho de fila e aumento da utilização dos recursos.

Entretanto, ao analisar mais profundamente o estudo de Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017) é possível verificar que a utilização de outros critérios de priorização podem gerar soluções intermediárias entre a obtida através da simulação e as realizadas sem algum critério específico estabelecido. O Quadro 8<sup>1</sup>,

---

<sup>1</sup> Foi considerado que regras de priorização com valores muito próximos estariam na mesma posição no *ranking*.

construído com a posição no ranking de cada critério de priorização, onde os primeiros no ranking seriam aqueles que gerariam o menor *Lead Time* e o menor *WIP*, possibilita a comparação de cada solução.

Quadro 8 - Ranking das regras de priorização com base nos resultados do estudo de Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017).

| Regras de Priorização              | Posição no <i>Ranking</i> |     |
|------------------------------------|---------------------------|-----|
|                                    | Lead Time                 | WIP |
| Sem regra determinada              | 8                         | 6   |
| Modelo proposto                    | 1                         | 2   |
| Data de vencimento mais antiga     | 2                         | 3   |
| Baixo volume (quantidade)          | 4                         | 3   |
| Alto volume (quantidade)           | 10                        | 4   |
| Menor tempo de processamento       | 5                         | 5   |
| Maior tempo de processamento       | 7                         | 7   |
| Menor tempo de <i>Setup</i>        | 8                         | 1   |
| Maior tempo de <i>Setup</i>        | 6                         | 4   |
| Primeiro a entrar, primeiro a sair | 3                         | 5   |
| Último a entrar, primeiro a sair   | 9                         | 8   |

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos gráficos de Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017, pág. 360).

Assim, com base na Quadro 8, é possível constatar que regras de priorização como data de vencimento mais antiga, primeiro a entrar, primeiro a sair e baixo volume geram resultados intermediários com relação a *Lead Time* total de processamento de todos os lotes. Já as regras de priorização menor tempo de *setup*, data de vencimento mais antigas e baixo volume tiveram bons resultados no que tange o *WIP*. Com estes resultados parece ser possível afirmar que priorizar os baixos volumes gerariam resultados intermediários com relação a *WIP* e *Lead Time*. Esta regra parece ser possível mesmo em um ambiente complexo de uma estamperia, entretanto é necessário cuidado para que o processamento de grandes volumes, estes que podem ser estabelecidos pelo cliente, não fiquem para trás. Uma possível solução pode estar associada a sugestão de Claunch (1996) de dedicar equipamentos para a produção de alto volume, deixando assim, conseqüentemente, equipamentos para processamento de baixos volumes. Entretanto, esta solução seria válida somente se os volumes necessários de produção, para um intervalo determinado de tempo, fossem conhecidos e não variáveis.

Trazendo o problema de sequenciamento de produção no cenário específico de estamperia e associando com as dificuldades apontadas por Shingo (1985) com relação a movimentação, posicionamento e regulação das ferramentas nas prensas,

é possível entender as afirmações de Hwang e Sun (1998) e Sun (2013) com relação a dependência dos tempos de *setup*. Este entendimento é realizado através do fato de que em prensas, regulagens, como a altura de martelo citada por Shingo (1985) como uma operação crítica, podem ser facilitadas se o trabalho antecedente tiver parâmetros ou posições iguais ou muito semelhantes às do próximo trabalho. Nesta situação, um sequenciamento de produção levando em consideração estes parâmetros poderia beneficiar os tempos de *setup*. A consideração de características de equipamentos e processos para a realização do sequenciamento de produção foi evidenciada no estudo de Orta-Lozano e Villarreal (2015). Os autores consideraram as influências e relações que os *setups* possuíam em uma linha de pintura e, com auxílio de *softwares* de sequenciamento, obtiveram cerca de 10% de aumento na taxa de produção somente com o sequenciamento de produção.

Assim, no sentido de sequenciar a produção levando em consideração parâmetros e características de ferramentas e prensas, a utilização de métodos de sequenciamento sem a utilização de modelos computacionais poderiam trazer resultados razoáveis no que tange a redução dos tempos de *setup* e, conseqüentemente, um possível aumento na utilização dos recursos (agregação de valor). Esta ação está de acordo com a proposta de Hopp e Spearman (2013), que em situações de maior complexidade, é necessário uma maior interação em o plano mestre de produção e módulo de planejamento de capacidade da fábrica, este que inclui características da fábrica para a tomada de decisão. Os autores também propõem que nas situações complexas, programações mais detalhadas são necessárias.

Tomando como base os fatos constados, parece que há benefícios no aumento da produtividade de equipamentos e redução de *WIP* e *Lead Time* ao associar a priorização de baixos volumes, com possibilidade de dedicação específica de equipamentos para baixo e altos volumes, ao sequenciamento de produção que considerem características específicas dos equipamentos, que no caso de estamparias seriam dimensões de ferramentas e parâmetros de máquinas. Para isto, seria necessário o conhecimento dos volumes de produção em um período determinado. Neste sentido, a utilização de uma ferramenta que permita sequenciar a produção, estando definidos os volumes de produção necessários, levando em consideração características específicas de máquinas e equipamentos poderia gerar resultados satisfatórios que beneficiariam o *trade-off* custo *versus* flexibilidade, conforme sugerido por Hwang e Sun (1998), Sun (2013) e Berry e Cooper (1999).

Entretanto, o sequenciamento de produção é uma difícil tarefa a ser feito no complexo de estamparias associado a uma variação da demanda produtiva. Assim, uma ferramenta que poderia auxiliar na redução da variabilidade dos pedidos poderia beneficiar o sequenciamento de produção. Neste contexto, uma proposta que poderia ser sugerido seria o *Heijunka*. Yin et al. (2017) aponta que o *Heijunka* gera suavização da demanda para minimizar a variabilidade enfrentada pela linha de produção sob produção de modelos mistos. Assim, os autores sugerem que a regularidade ao longo do dia permite que a utilização de recursos seja maior do que seria sob demanda não atenuada, especialmente se um dos tipos de produtos exigir mais trabalho que o outro. Tardin (2001), define que o *Heijunka* consiste em fazer o nivelamento da produção de acordo com o pedido total do cliente, convertendo a instabilidade da demanda dos clientes em um processo de manufatura nivelado e previsível. Já para Liker (2005), *Heijunka* é o ato de nivelar a variedade ou o volume de itens produzidos em um processo ao longo de um período de tempo. Assim, os autores sugerem que a programação de produção não segue a ordem em que os pedidos chegam, podendo variar de maneira drástica, mas compõe o volume total de pedidos em um período e nivela-os para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia. Neste sentido, o *Heijunka* não somente traz benefícios através do nivelamento da produção, mas possibilita que uma combinação, que possibilite a maximização da produção, seja aplicada.

Em geral, o *Heijunka* incorpora os conceitos de nivelamento e balanceamento de linha (MATZKA; DI MASCOLO; FURMANS, 2012). Para os autores, o nivelamento é uma palavra para descrever o esforço de adequar a carga de trabalho à capacidade ou capacidade do processo, ou seja, máquinas e operadores. O objetivo da *Heijunka* não é apenas nivelar o volume de produção, mas também o *mix* de produtos usando a mesma sequência de produtos para cada ciclo de produção (MATZKA; DI MASCOLO; FURMANS, 2012).

Para o nivelamento de produção, Hirano (2010) sugere considerar três períodos de tempos para a sua realização: *Once-a-Month-Production*, onde a produção do item é realizada somente uma vez no mês; *Once-a-Week-Production*, produzindo o item toda a semana; *Once-a-Day-Production*, produzindo cada item todos os dias. O autor ressalta que a frequência de produção dependo do produto e de outras características que podem ser levadas em conta para a sua escolha, possibilitando assim que em uma linha tenha produtos de diferentes frequências.

Em termos de construção, o *Heijunka* é uma ferramenta simples e visual, pois, conforme Tardin (2001), é realizada através de um quadro onde o ponto chave é a sua construção no chão-de-fábrica pelos próprios operadores e com auxílio, se necessário, da área de planejamento e controle da produção. Assim, no cenário de estamparia, as características de ferramentas poderiam ser utilizadas como fator decisório para o sequenciamento da produção, conforme sugerido por Shingo (1985), levando em consideração, por exemplo, a dependência do tempo de *setup* apontada por Hwang e Sun (1998) e Sun (2013). Além disso, de acordo com Matzka, Di Mascolo e Furmans (2012), o *Heijunka* é destinado para um ambiente de produção de vários produtos diferentes produzidos na mesma linha de processamento, cenário este semelhante a de estamparias, como já descrito neste trabalho. O quadro de *Heijunka* é uma ferramenta usada para ajudar a nivelar a mistura e o volume de produção (MATZKA; DI MASCOLO; FURMANS, 2012).

Com relação a separação de equipamentos para altos e baixos volumes proposta por Claunch (1996), o *Heijunka* contemplaria esta sugestão, pois os volumes de produção, contidos em um intervalo de tempo determinado, seriam conhecidos e não sofreriam variações, possibilitando a divisão dos volumes nas máquinas.

### 2.5.1 Considerações finais sobre Sequenciamento de Produção

Fundamentado nas sugestões de Hwang e Sun (1998), Sun (2013), Berry e Cooper (1999) e Chou, Teo e Zheng (2008) que colocam o sequenciamento de produção como uma possível solução para alcançar a flexibilidade sem impactar os custos produtivos, parece correto afirmar que sequenciar a produção levando em consideração características específicas, como as sugeridas por Shingo (1985), seja plausível. Além disso, esta proposição é reforçada pela sugestão de dependência entre os tempos de *setups* entre trabalhos consecutivos de Hwang e Sun (1998) e Sun (2013). Em geral, Chou, Teo, e Zheng (2008) sugerem que somente em estruturas totalmente flexíveis a demanda poderia ser liberada para a fábrica sem prejudicar a taxa de produção.

Ao analisar o sequenciamento de produção de forma ampla, observa-se um esforço das pesquisas para o desenvolvimento de modelos e métodos, envolvendo simulação computacional, para a geração de soluções. Este movimento pode ser explicado devido a complexidade e parâmetros que uma boa solução deve considerar,

conforme sugerido por Hwang e Sun (1998). Além disso, de acordo com Price et al. (1995), a busca por soluções computacionais em estampilhas são comuns em pesquisas acadêmicas.

Entretanto, a busca por soluções computacionais, mesmo que aparentemente gerarem um melhor resultado, são complexas e necessitam de tempo e capacidade de processamento considerável para serem obtidas, conforme foi possível constatar no estudo de Hwang e Sun (1998), onde para a solução de problema de sequenciamento de produção, considerando os tempos de *setup*, foram utilizados somente duas prensas, pois caso contrário seria impraticável devido a exigência computacional.

Neste cenário, a busca por soluções menos complexas e mais rápidas parece, do ponto de vista prático, uma boa saída, mesmo que estas resultem em soluções intermediárias. Assim, com a pesquisa de Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017), pode-se constatar que algumas regras de priorização de produção poderiam gerar bons resultados para *WIP* e *Lead Time*, grandezas estas que sugerem flexibilidade e redução de custos. A demonstração de que a priorização dos baixos volumes no processo produtivo gera resultados intermediários para estas grandezas, apontam para soluções menos complexas de serem implementadas.

Associando a constatação do estudo de Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017) à divisão de equipamentos para a produção de alto volume e outros para baixo volume, proposta por Claunch (1996), parece ser possível obter uma solução intermediária para a redução do inventário, que sugere custo, e o tempo de atravessamento, que sugere velocidade e flexibilidade.

Contudo, para a realização destas ações, o conhecimento do volume produtivo deve ser conhecido sempre que o sequenciamento de produção for realizado. Como a variabilidade das fábricas pode fazer com que este volume altere consideravelmente em um curto espaço de tempo, o uso de ferramentas de nivelamento, como o *Heijunka*, pode ser uma solução.

Um aspecto que parece contrapor o uso desta ferramenta é o “congelamento da produção”, necessário para a sua execução, pois este contrária a busca pela flexibilidade, conforme sugerido por Yin et al. (2017). Todavia, parece correto afirmar que este aspecto poderia ser contornado se o intervalo de tempo para a realização do nivelamento fosse pequeno o suficiente para não interferir na flexibilidade da fábrica.

Assim, parece possível afirmar que o nivelamento de produção para períodos pequenos, como um dia, não afetaria a flexibilidade do sistema produtivo.

O uso do *Heijunka* parece ser ainda mais plausível no ponto de vista prático do sequenciamento de produção, pois, isolada a variação do tamanho dos lotes, possibilitaria o uso do conhecimento dos operadores, sendo este realizado, conforme apontado por Tardin (2001), no chão-de-fábrica. Assim, as características específicas de processo, como o dimensional de ferramentas e outros componentes que compõem o *setup*, conforme sugerido por Shingo (1985), seriam levadas em consideração.

## **2.6 Gestão do posto de trabalho – GPT**

Com base na afirmação de Grössler e Grübner (2006) de que programas de melhorias aplicados podem propor o aumento do suporte cumulativo entre os recursos de custo e flexibilidade, a busca por métodos que tragam a maximização do uso de recursos estaria fortemente ligada a este trabalho. Assim, o método de Gestão do Posto de Trabalho – GPT – proposto por Antunes et al. (2008), tem como objetivo maximizar a utilização dos ativos das organizações de maneira a aproveitar a capacidade instalada, evitando assim a necessidade de investimentos significativos de capital. Desta maneira, o GPT busca assegurar a sobrevivência e o crescimento da empresa em um mercado globalizado.

De maneira geral, o GPT sugere a promoção da melhoria contínua do uso dos ativos da empresa, com a utilização de conceitos já conhecidos, como: Sistema Toyota de Produção – STP; *Theory of Constraints* – TOC; Manutenção Produtiva Total – TPM; *Total Quality Control* – TQC; Índice de Rendimento Operacional Global de Equipamento – IROG (ANTUNES et al., 2008). Porém, estes conceitos foram organizados de modo sistêmico, integrado e a fim de proporcionar a focalização nos resultados.

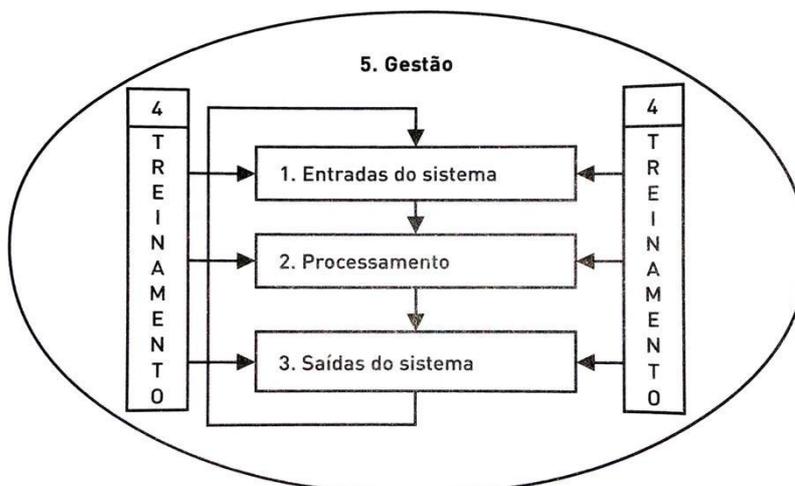
O método de gestão do posto de trabalho é um modelo geral que propõe a reordenação e reconceituação das práticas existentes em três sentidos básico: **Visão sistêmica** de toda a fábrica, o que implica a subordinação da utilização dos recursos de melhorias dos postos de trabalho em determinados locais da organização; **Integração/unificação**, na medida em que as ações nos postos de trabalho devem ser feitas de forma conjunta entre os profissionais multidisciplinares envolvidos; **Foco nos resultados**, fazendo com que as melhorias nos indicadores dos postos de trabalho específicos levem à melhoria dos resultados econômico-financeiro da empresa.

(ANTUNES et al., 2013, pág. 65)

O GPT foi desenvolvido, segundo os autores, devido ao fato de que no cotidiano das empresas há inúmeras ações simultâneas que tendem a produzir efeitos indesejáveis sobre os profissionais que atuam junto aos recursos, gerando assim falta de foco na atividade-fim. A falta de foco justifica-se pela não realização de ações integradas e sistêmicas, ocasionando dúvidas dos gestores com relação a: Prioridades a serem seguidas; Diferença de prioridades entre postos de trabalho; Indicadores que gerenciem de maneira lógica a rotina da busca pela melhoria contínua (ANTUNES et al., 2008).

A estrutura do modelo GPT é composta por 5 elementos integrados. O primeiro trata-se das entradas do sistema, estas que compreendem o conjunto de postos de trabalho a serem monitorados (gargalos, CCR e recursos com problemas de qualidade). O segundo elemento trata-se do processamento, este que objetiva a definição de postos de trabalho restritivos. Já o terceiro refere-se ao conjunto de saídas do sistema, estas que direcionam o gerenciamento das restrições para as atividades de rotinas e promoção da melhoria. Com relação ao quarto elemento, treinamento, este fornece suporte a implementação e funcionamento ao método. E o quinto e último elemento, a gestão sistêmica, é responsável por unificar/integrar, através de uma rotina de reuniões entre gerentes, supervisores e colaboradores, visando os resultados (ANTUNES et al., 2012) – Figura 9 .

Figura 9 - Estrutura lógica do método GPT.



Fonte: Antunes et al. (2008, pág. 183).

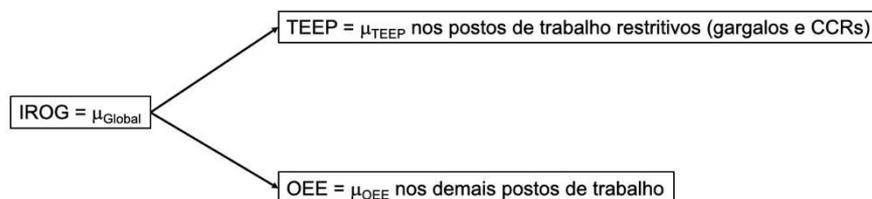
Com base nos conceitos da TOC, o método propõe a identificação de recursos restritivos. Estes recursos caracterizam-se por limitarem a produção fazendo com que a mesma não atenda a demanda proposta pelos clientes (GOLDRATT; COX III, 1989). Para a identificação destes recursos que impõem restrição no sistema produtivo Antunes et al. (2013) propõem o uso da análise de Capacidade x Demanda. Busca-se, com esta análise, a determinação da capacidade grosseira dos recursos contrapondo-as com a demanda proveniente de previsões de vendas e/ou de pedidos efetuados pelos clientes (ANTUNES et al., 2008). Para determinação da capacidade grosseira, Antunes et al. (2008) propõem o uso do IROG, de maneira a este representar a oferta de tempo disponível para a execução da produção, estando este relacionada a função operação. Sendo assim, o IROG é utilizado como fator multiplicador do tempo total disponível para a produção.

Através da determinação dos postos de trabalho restritivos que o gerenciamento das restrições para as atividades de rotina e para a realização de melhorias na empresa é direcionado (PIRAN et al., 2015). Assim sendo, os postos de trabalho restritivos tornam-se o foco das priorizações no processo de melhoria contínua proposto pelo GPT.

Além disso, (ANTUNES et al., 2012) propõem que o IROG deve ser calculado de maneira diferente para postos de trabalhos restritivos e não restritivos. Pode-se dizer que esta diferenciação traz uma ação clara e essencial para as empresas, a

necessidade de utilizar todas as horas disponíveis do recurso restritivo – Figura 10. Os indicadores OEE e TEEP serão abordados na seção 2.7 deste trabalho.

Figura 10 – Desdobramento do IROG.



Fonte: Antunes et al. (2013, pág. 36).

Assim sendo, é possível afirmar que o método GPT busca a melhoria contínua, com foco nos recursos restritivos, através do gerenciamento da rotina, presentes na função operação, tendo como principal métrica o IROG, este que tem como base o OEE, proveniente do TPM, e o TEEP.

#### 2.6.1.1 Implementação do método

Conforme Antunes et al. (2013), o processo de implementação do GPT segue os passos do PDCA, pois, conforme os autores, o PDCA deve ser empregado não somente para a busca dos resultados, mas também para preservação dos resultados alcançados. Assim, os autores propõem uma série de 15 passos que devem ser realizados para que o método seja implementado.

**Passo 1:** Definir os colaboradores a serem envolvidos na implementação do método, cuja saída desta etapa será uma matriz de responsabilidades de cada integrante do processo;

**Passo 2:** Codificar uma tipologia padrão para registrar as causas de paradas dos postos de trabalho. A saída deste passo deve ser uma lista das possíveis paradas que o recurso produtivo possa sofrer;

**Passo 3:** Definir a forma de coleta de dados no chão de fábrica. Nesta etapa pretende-se definir como os dados serão coletados, ação esta que pode ser através de diários de bordo (registro manual) ou através de software integrado ou não a sistemas de coletas de dados de equipamentos – Sistemas do tipo MES (*Manufacturing Execution Systems*);

**Passo 4:** Definir a forma de registro dos dados. Os registros podem ser realizados em planilhas eletrônicas, no caso do uso dos diários de bordo, ou em painel eletrônico, quando a coleta de dados for feita através de software especializado;

**Passo 5:** Definir os postos de trabalho a serem monitorados. Esta definição deve ser feita levando em consideração a análise capacidade x demanda. A priorização, conforme os autores, deve ser feita em postos de trabalho gargalos ou restritivos;

**Passo 6:** Definir a rotina de coleta e substituição dos diários de bordo. A rotina deve ser diariamente em horário estabelecido para posterior digitação. Quando se utilizam *softwares* de coleta de dados, este passo torna-se desnecessário;

**Passo 7:** Definir o método de gestão do posto de trabalho como método a ser utilizado nos postos de trabalho monitorados. Assim, o GPT pode auxiliar em análises de investimentos e capacidade fabril, além do planejamento da produção e vendas;

**Passo 8:** Treinar os colaboradores envolvidos com o método GPT. Este passo compreende o treinamento de gestores nos conceitos do método e dos operadores, no que se refere ao registro dos dados;

**Passo 9:** Registrar todas as anotações do dia a dia da produção nos diários de bordo ou coletores de dados. Os autores destacam que este passo é fundamental para a precisão no cálculo do IROG;

**Passo 10:** Digitar os dados em planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;

**Passo 11:** Obter e analisar os valores iniciais do IROG e demais índices de eficiência a partir da planilha/painel eletrônico. Neste passo devem ser realizados gráficos paretos para identificação dos principais motivos de parada, dando suporte para ações gerenciais buscando atingir novos níveis de eficiência;

**Passo 12:** Implementar a gestão visual. Com este passo, os autores pretendem inserir o método na cultura da organização para assegurar sua consolidação;

**Passo 13:** Estabelecer metas para os valores da eficiência operacional, com base nas análises dos índices de eficiência e das causas de paradas e queda de desempenho;

**Passo 14:** Elaborar plano de ação de melhorias com o objetivo de elevar os índices que compõem o IROG. Este plano, conforme os autores, devem ser construídos com o uso da ferramenta 5W2H (*What; Why; Where; When; Who; How; How much*) acrescida de uma outra coluna que traz a estimativa de retorno sobre o investimento;

**Passo 15:** Implementar as ações de melhoria propostas no plano de ação.

#### 2.6.1.2 *Manutenção e melhoria dos resultados*

A manutenção dos resultados, ou seja, a manutenção da elevação do valor inicial do IROG de um posto de trabalho monitorado até o atingimento da meta

estabelecida, é realizada através da padronização dos procedimentos operacionais (ANTUNES et al., 2012). Para este período de manutenção, os autores propõem passos, mantendo assim a característica sistêmica do método. Os autores, mantendo a forma sistêmica do método, novamente retornam a referenciar os passos ao PDCA.

O primeiro passo a ser proposto pelos autores é a padronização dos procedimentos operacionais e gerenciais com vistas à manutenção dos resultados obtidos. A importância pela construção de padrões também foi uma busca do STP. Conforme Ohno (2013), os elementos a considerar no trabalho padrão são operários, máquinas e materiais, devendo estes serem combinados efetivamente para que os operadores sejam capazes de produzir com eficácia.

Estando os padrões desenvolvidos, o próximo passo seria a realização de treinamentos para os colaboradores para que estes realizem os procedimentos operacionais e gerenciais.

Além disso, para garantir a manutenção e melhoria dos resultados os autores propõem a realização de atividades de rotina. Estas atividades consistem em reuniões sistemáticas, entre os diversos níveis dos envolvidos, para monitorar as atividades operacionais em relação à identificação de postos de trabalho restritivos, às anomalias no processo produtivo e ao acompanhamento dos planos de ações para manutenção e melhoria da eficiência produtiva nos postos monitorados. Para a priorização das ações, os autores propõem a utilização da análise Capacidade x Demanda para garantir a maximização da eficiência nos recursos restritivos. Além disso, o método ainda propõe as frequências das reuniões, com suas respectivas pautas:

**Reuniões semanais:** estas têm o objetivo de verificar a ocorrência de anomalias localizadas e revisão dos planos de ações acrescentando ações necessárias com base na atual situação. Estas reuniões também servem para orientar a atualização dos painéis de divulgação junto aos postos de trabalho.

**Reuniões quinzenais:** já as reuniões quinzenais, mesmo também tendo como principal pauta a revisão do plano de ação dos postos de trabalho, buscam a análise do valor do IROG e de sua meta, propondo assim uma análise crítica dos prazos destas ações. A ideia principal é garantir que as ações sejam implementadas nos prazos estabelecidos.

**Reuniões mensais:** estas reuniões buscam avaliações mais globais e sistêmicas, analisando os resultados globais do IROG, as reincidências das anomalias de processo e as melhorias de eficiência alcançadas. Quando as metas forem atingidas,

ainda pode ser levantado a necessidade de reavaliação dos postos de trabalho a serem monitorados, pois estes podem deixar de serem considerados restritivos.

### 2.6.1.3 Elementos estruturais e operacionais

De acordo com Antunes et al. (2013), os elementos que formam o método GPT podem ser divididos em dois grupos: elementos estruturantes e elementos operacionais. Os elementos estruturantes são responsáveis pela formação da estrutura básica para implementação, manutenção e melhoria, onde a falta de qualquer um destes os resultados do método ficaria comprometido. Já os elementos operacionais estão relacionados com a rotina, ou seja, as rotinas diárias, com frequências e responsabilidades estabelecidas, que garantem a melhoria contínua.

### 2.6.2 Considerações finais sobre GPT

A busca pelo aumento do IROG, fundamento principal do GPT, estaria alinhado com a busca de programas de melhorias proposta por Grössler e Grübner (2006). Além disso, o aumento do IROG significa o aumento da eficiência das máquinas, principal problema identificado pela Toyota conforme Rawlinson e Wells (1996), e, conseqüentemente, aumento da agregação de valor que, conforme Shingo (1985), era de somente 3% no conhecido caso da na planta Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima.

Analisando de maneira abrangente, o método GPT é generalista, ou seja, possibilita a sua aplicação em qualquer sistema produtivo, tornando-se uma vantagem clara do método. Além disso, a sistematização que o método traz em seus passos, torna a sua aplicação objetiva sob o ponto de vista prático de chão de fábrica.

Outro importante ponto a destacar é o foco que o método gera sob o recurso restritivo – gargalos ou CCRs (*Capacity Constraint Resource*) – através de sua identificação com a análise capacidade *versus* demanda. Este fato garante o aumento da taxa de produção da fábrica, possibilitando o aumento da produção se o mercado possuir demanda. Neste contexto, o aumento do IROG geraria uma redução nos custos unitários de produção, já que a mesma estrutura de recursos proporcionaria um faturamento maior.

A análise de dados que o método sugere, através do uso de paretos, proporciona a identificação de problemas relevantes que, se solucionados, trariam

uma melhoria significativa no IROG. Assim sendo, no cenário de estamparias, esta análise possivelmente apontaria para o *setup* como um dos principais pontos de melhoria, já que o tempo de *setup* foi apontado por Williams, Mitsui e Haslam (1991) como significativo. Entretanto, a utilização de paretos para análise traz a ação de melhoria de problemas que ocorreram no passado, esta que contraria a lógica proposta por Sarker (1990), que dá importância do acompanhamento da situação de máquinas ao longo do período produtivo para possibilitar intervenções. Sob o aspecto prático, parece que ambas as análises podem ser realizadas, onde o acompanhamento contínuo da produção possibilitaria a intervenção de pequenos problemas, e o uso de paretos identificaria problemas sistêmicos.

Em se tratando de sua aplicação, parece que o ponto chave do método são as rotinas de manutenção, pois é através destas que ocorrem a identificação e gerenciamento das melhorias necessárias para o aumento do IROG. Assim, o gerenciamento da rotina torna-se foco dos envolvidos, principalmente da gestão.

Portanto, o uso do método GPT proporciona a identificação dos problemas que impactam negativamente na utilização dos recursos, através do uso de diários de bordo ou sistemas específicos para os registros das anomalias, e a solução destes, através da análise e desenvolvimento de planos de ação que são suportados por rotinas gerenciais de manutenção.

## **2.7 Medidas de desempenho**

Ter medidas de desempenho que permitem identificar a situação real em que suas respectivas fábricas se encontram é algo que os gestores e administradores necessitam para a tomada de decisão. Há inúmeros autores que proclamam a importância de medir o desempenho dos processos para poder executar e formular atividades de melhoria com base nessas medidas (DE RON; ROODA, 2005). Os autores justificam esta afirmação através do fato de que gerentes querem ter uma métrica clara e não gostam dessa pluralidade de informações. Já Muchiri; Pintelon (2008) destacam que independentemente dos critérios de medição usados, para permanecer competitivo, as empresas precisam colocar mais “pontos no quadro” da competição existente entre seus concorrentes.

O ambiente competitivo das empresas traz para a manufatura a necessidade de melhoria de seus processos. A competitividade da manufatura das empresas

depende da disponibilidade e produtividade de suas instalações de produção (FLEISCHER; WEISMANN; NIGGESCHMIDT, 2006). Neste sentido, há a necessidade de identificar e eliminar as perdas de produção para que os fabricantes pudessem trazer seus produtos ao mercado a um custo mínimo (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Além disso, as medidas de desempenho devem ser claras e criadas em uma base bem definida, a fim de obter as atividades corretas de melhoria, pois caso a medida de desempenho não seja a correta, o ponto de ajuste ou o valor de referência pode estar errado e, como resultado, o controle ou melhoria não terá um desempenho satisfatório (DE RON; ROODA, 2005).

Neste sentido, Nakajima desenvolveu na década de 80, no paradigma da *Total Productive Maintenance* (TPM), uma métrica quantitativa para medir a produtividade de um componente de produção individual (equipamento, máquina, ferramenta, processo, etc.) em uma fábrica (HUANG et al., 2002). Esta métrica, definida por *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), identifica e mede perdas de aspectos importantes da fabricação, como disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade, suportando assim a melhoria da eficácia do equipamento e, portanto, sua produtividade (MUCHIRI; PINTELON, 2008).

Assim sendo, a utilização do OEE parece suprimir a necessidade de uma métrica que demonstre a real situação dos equipamentos na lógica da função operação, em medidas de disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade.

### 2.7.1 Overall Equipment Efficiency – OEE

A medida de desempenho OEE foi desenvolvida a partir do conceito do TPM, este que fora lançado por Nakajima (1988). O objetivo do TPM é atingir a situação de zero quebras ou defeitos relacionados ao equipamento e, conseqüentemente, buscar a melhoria da taxa de produção promovendo redução nos custos e estoques (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Assim sendo, o OEE compara o nível de operação com o potencial ideal do desempenho do recurso baseado na ideia de que este potencial ideal é reduzido por várias perdas (LANZA et al., 2013).

Assim sendo, Nakajima (1988) define o OEE como a combinação de fatores de tempo, velocidade e qualidade da operação de um equipamento e mede como estes fatores podem ser incrementados. Já Muchiri; Pintelon (2008) o define como uma ferramenta de análise de três partes para o desempenho do equipamento com base

em sua disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade da saída, tornando possível assim a identificação das perdas com a finalidade de melhorar o desempenho e a confiabilidade totais do ativo. Com uma definição geral, Hedman et al. (2016) define o OEE como uma razão entre o tempo gasto na produção de bens de qualidade aprovada com o tempo disponível para produção.

O OEE é calculado através da multiplicação de 3 índices: disponibilidade ( $\mu_1$ ); performance ( $\mu_2$ ); qualidade ( $\mu_3$ ). A disponibilidade representa o tempo que o equipamento está realmente realizando sua função pretendida (DE RON; ROODA, 2005). Já a performance representa a razão entre a velocidade operacional da tarefa e a velocidade de projeto (MUCHIRI; PINTELO, 2008). Em se tratando do índice de qualidade, ele representa o número de bons produtos que são produzidos em função do número total de itens (SILVA et al., 2017). Assim, o OEE é calculado através da seguinte equação:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de paradas não programadas}}{\text{Tempo de Carga}} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\mu_2 = \frac{\text{Ciclo de projeto} \times \text{Número de peças produzidas}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\mu_3 = \frac{\text{Número de peças produzidas} - \text{Número de peças refugadas}}{\text{Número de peças produzidas}} \quad (\text{Equação 6})$$

Um fato importante de destacar é que o **tempo de carga** é caracterizado pelo tempo em que o equipamento está planejado para a realização da produção. Neste tempo, são descontados alguns eventos, como: manutenções programadas, manutenções preventivas, tempo de descanso, limpeza do equipamento, treinamentos, entre outras concessões (CHIARADIA, 2004).

Os três índices que compõem o OEE (disponibilidade, performance e qualidade) visam capturar o que Nakajima define como as seis grandes perdas na produção (HEDMAN et al. 2016). Assim sendo, as seis grandes perdas existentes nos equipamentos definidas por Nakajima (1988) influenciam diretamente o desempenho dos recursos – Quadro 9.

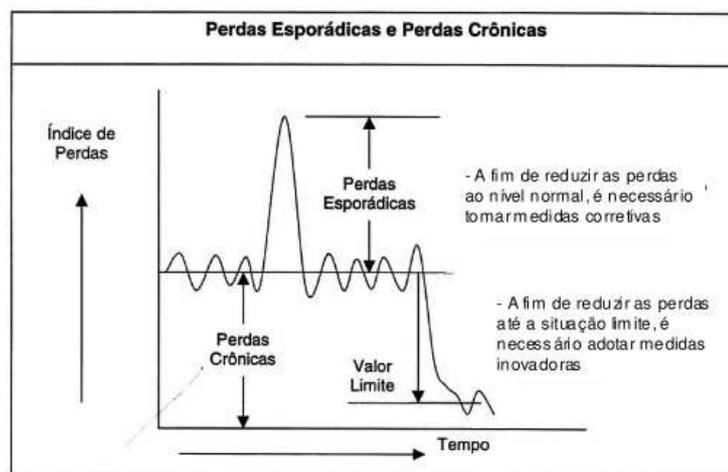
Quadro 9 - As 6 perdas da produção.

| Índice          | Perdas                                      |
|-----------------|---|
| Disponibilidade | 1. Perdas por Quebra                        |
|                 | 2. Perdas por Setup                         |
| Performance     | 3. Perdas por Ociosidade e pequenas paradas |
|                 | 4. Perdas por Redução de Velocidade         |
| Qualidade       | 5. Perdas por Problemas de Qualidade        |
|                 | 6. Perdas por Queda de Rendimento           |

Fonte: Adaptado de Nakajima (1988).

**1. Perdas por Quebra:** caracterizada pela indisponibilidade do equipamento produzir, é causada por falhas ou avarias. As quebras, conforme Chiaradia (2004), estão divididas em dois tipos: esporádicas e crônicas. Quebras esporádicas caracterizam-se por paradas repentinas e drásticas, porém de fácil visualização e correção. Já as quebras crônicas são geralmente ignoradas ou negligenciadas por tratar-se de paradas de curta duração, porém com número de ocorrência elevada – Figura 11.

Figura 11 - Diferença entre perdas Crônicas e Perdas Esporádicas.



Fonte: Chiaradia (2004, pág. 39) *apud* Chinone (2001, pág. II-26).

- 2. Perdas por Setup:** este tipo de perda ocorre quando a produção está mudando para suprimir a necessidade de um outro item. Estas perdas além de serem comuns são necessárias, principalmente quando se deseja aumentar a flexibilidade do sistema de manufatura. Este tipo de perda será abordado na seção 2.4 deste trabalho.
- 3. Perdas por Ociosidade e Pequenas Paradas:** são paradas que ocorrem por um tempo relativamente pequeno. Estas ocorrem quando a produção é interrompida

por mau funcionamento temporário ou quando a máquina está em marcha lenta e, embora sejam rapidamente corrigidos, muita capacidade é perdida devido à sua frequência (MUCHIRI; PINTELON, 2008).

- 4. Perdas por Redução de Velocidade:** este tipo de perda refere-se à diferença entre a velocidade de projeto do equipamento e a velocidade real de operação (HEDMAN et al. 2016). Para Chiaradia (2004) esta perda pode ser ocasionada por problemas de manutenção, operação, qualidade ou processo, levando os operadores e técnicos de manutenção a reduzirem as velocidades de trabalho dos equipamentos, mantendo-os em operação, porém encobrendo as suas reais causas.
- 5. Perdas por Problemas de Qualidade:** Os defeitos de qualidade e o retrabalho são perdas de qualidade causadas por recursos produtivos com defeito (máquinas, equipamentos, ferramentas, etc.) (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Chiaradia (2004) destaca que os problemas de qualidade também podem ocorrer de maneira esporádica ou crônica.
- 6. Perdas por Queda de Rendimento:** Este tipo de perda se caracteriza pela queda do rendimento durante o período de estabilização do processo. O rendimento reduzido ocorre durante os estágios iniciais de produção, desde a partida da máquina até a estabilização (HEDMAN et al. 2016). Este período ainda pode ocorrer sempre após uma parada de máquina, seja ela gerada por quaisquer motivos.

Analisando as 6 perdas que Nakajima (1988) identificou, é possível afirmar que todas estão relacionadas diretamente a problemas ou a características do equipamento ou processo. Porém, o OEE também pode ser influenciado por outros motivos. Conforme Hedman et al. (2016), o OEE pode sofrer influência do operador. Para os autores, para melhorar a eficiência dos equipamentos, também é necessário focar em como as atividades de suporte, executadas pelos operadores, são planejadas e executadas. Isto demonstra que o OEE é capaz de ser sensível às atividades de suporte, mesmo que este represente a eficiência de somente o recurso.

De maneira geral, o OEE é normalmente utilizado nas mais variadas indústrias. Ele pode ser utilizado para mensurar qualquer equipamento ou células produtivas independentemente da aplicação da metodologia TPM, pois conforme Lanza et al. (2013), o OEE pode ser usado como uma ferramenta de aprimoramento operacional independente, como o *Lean Production* e o *Six Sigma*. Uma justificativa possível para

esta ampla utilização, entre pesquisadores e profissionais, é que o OEE é uma medida simples, porém abrangente, de eficiência interna (HEDMAN et al. 2016).

Não há valores que podem servir de referência para o OEE, pois este pode ter uma variação considerável entre empresas do mesmo ramo ou, até mesmo, nos diferentes recursos de uma mesma empresa. Porém, Lanza et al. (2013) destaca que o OEE em torno de 40% não são valores incomuns para empresas produtoras, embora estudos realizados em todo o mundo revelaram que a média de OEE nas empresas produtoras é de cerca de 60%. Assim sendo, o autor ressalta que um nível alvo de 85% representa um claro potencial de melhoria para muitas empresas. Nesta lógica, da dificuldade de possuir uma meta clara e possível de atingir para um determinado processo, Souza et al. (2018) destacam o *benchmark* interno como um mecanismo importante a ser utilizado em empresas nas quais o *benchmark* externo é difícil ou mesmo inviável. Para os autores, o *benchmark* interno possibilita se ter uma visão real e abrangente do desempenho do negócio em termos de eficiência.

Na literatura, o termo OEE foi modificado em diferentes outros termos em relação ao conceito de aplicação. Isso levou à ampliação do OEE para a eficiência geral da fábrica (OFE), eficácia geral da planta (OPE), eficiência geral de produtividade (OTE), eficácia do equipamento de produção (PEE), eficácia geral do ativo (OAE) e desempenho total de eficiência do equipamento (TEEP). (MUCHIRI; PINTELON, 2008). O TEEP, conforme os autores, foi proposto por Ivancic (1998) e, embora muito semelhante ao OEE, traz uma diferença significativa e importante: a inclusão do tempo de inatividade planejado no horizonte de tempo total planejado. A ideia era mostrar a minimização do tempo de inatividade da máquina, mesmo que este fosse planejado.

Com relação ao OEE e o TEEP, Antunes et al. (2008) propôs uma visão diferente para a utilização de ambos os indicadores, associando-os a teoria das restrições – TOC. Para os autores, o OEE deve ser utilizado para medição de recursos não restritivos, enquanto o TEEP, por utilizar para o cálculo todo o tempo em que o recurso pode estar disponível para produção, deve ser utilizado para os recursos restritivos. Assim, eles relacionaram os dois indicadores, propondo o uso do Índice de Rendimento Global – IROG. Dessa forma, o IROG torna-se mais abrangente e, através da identificação dos recursos restritivos, proporciona uma medida coerente para a tomada de decisão.

Assim sendo, o OEE tem um papel fundamental na obtenção da maximização da eficiência dos equipamentos, por tratar-se da métrica que não somente gera o resultado de eficiência, como permite análises mais detalhadas das perdas a partir do desdobramento do cálculo. A maximização da eficiência dos equipamentos é alcançada através de atividades quantitativas, aumentando a disponibilidade e melhorando a produtividade, e das atividades qualitativas, através da redução do número de defeitos (CHIARADIA, 2004).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma das missões do pesquisador consiste em transformar conhecimentos existentes, através do uso de equipamentos e recursos, em novos conhecimentos (MIGUEL et al., 2010). Os autores destacam a necessidade do rigor para o desenvolvimento do conhecimento científico, o que o diferencia do senso comum. Para isto, é necessário que o pesquisador seja um especialista num determinado assunto ou tema de pesquisa e ainda faça uso, de maneira rigorosa, do método científico.

De outra parte Saunders, Lewis e Thornill (2009), postulam que não há nenhum método de pesquisa que seja inerentemente superior ou inferior a qualquer outro. Os autores destacam que o relevante é que o método utilizado permita que a resposta à pergunta de pesquisa seja apropriadamente proposta. Assim, a escolha do método de pesquisa mais adequado para o problema de pesquisa proposto é fundamental para a produção de conhecimento científico. Para Lacerda et al. (2013), o ato de enquadrar uma pesquisa em um dado método não deve ser entendida como uma atividade burocrática, pois esta ação busca responder ao problema de pesquisa, de maneira a evidenciar os procedimentos utilizados garantam a robustez aos resultados para que estes possam ser devidamente avaliados pela comunidade científica da área em questão.

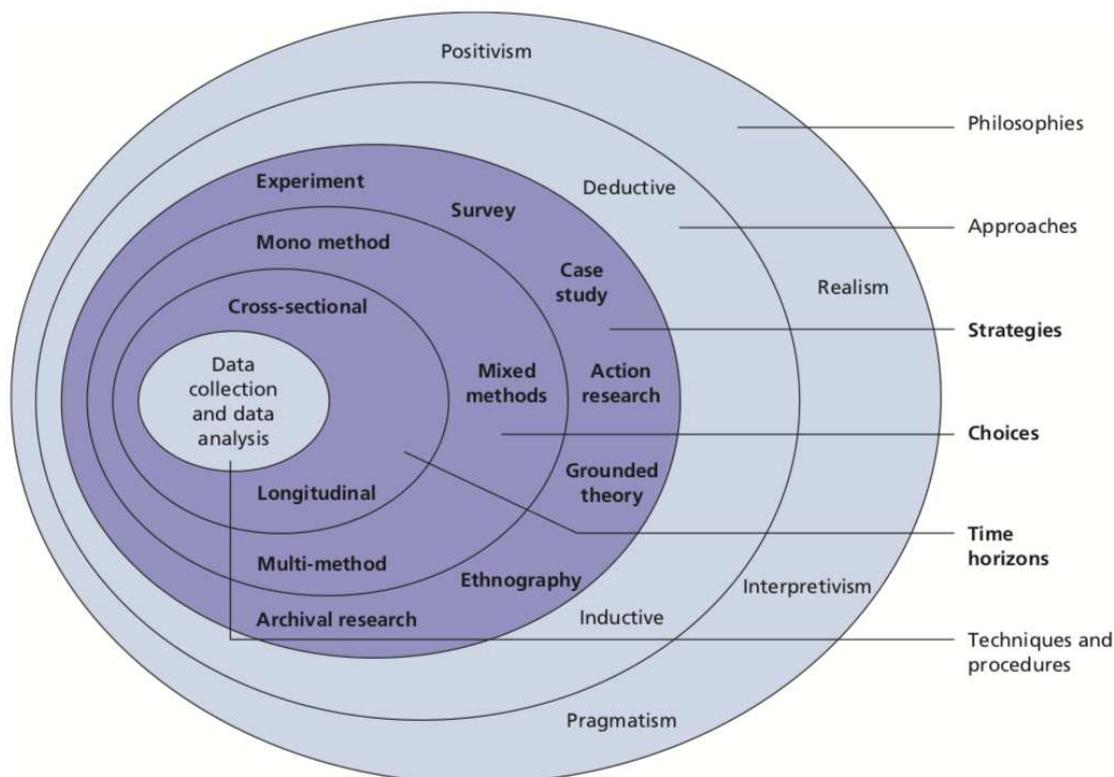
Portanto, para garantir o rigor da pesquisa, este capítulo propõe o delineamento da pesquisa, de modo a apresentar o método escolhido, explicitando o conjunto de decisões que levaram a tal escolha. Além disso, será apresentado, detalhadamente, o método de trabalho utilizado visando possibilitar o entendimento dos passos lógicos utilizados para a elaboração da pesquisa.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

O delineamento de uma pesquisa expressa a ideia de modelo e plano, pois ele trata o planejamento da pesquisa de maneira ampla, abrangendo os fundamentos metodológicos, a definição dos objetivos, o ambiente da pesquisa e a determinação das técnicas de coleta e análise de dados (GIL, 2018). Nesta etapa deve ser elaborado o plano geral de como irá ser respondida a questão de pesquisa (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). Para isso, Saunders, Lewis e Thornill (2009) propõem, de maneira criativa, a analogia de que a pesquisa deve ser classificada como se

estivesse descascando uma cebola, ou seja, se começa pelas camadas mais externas e, de maneira contínua, se aprofundando no delineamento dos métodos e paradigmas utilizados – Figura 12.

Figura 12 - A "cebola da pesquisa", conforme Saunders.



Fonte: Saunders, Lewis e Thornhill (2009, p. 108).

Assim, através do modelo de Saunders, Lewis e Thornhill (2009), o delineamento desta pesquisa será conduzido, com cada “camada” de seu modelo sendo analisada e definida.

### 3.1.1 Filosofia da pesquisa

Nesta lógica, a primeira camada se trata da filosofia da pesquisa, termo este que, segundo Saunders, Lewis e Thornhill (2009), é abrangente devido a este referir-se ao desenvolvimento do conhecimento e à natureza desse conhecimento, ou seja, ela traz suposições sobre como o pesquisador vê o mundo. Sendo assim, a presente pesquisa segue a filosofia do pragmatismo, esta que argumenta que o determinante mais importante da epistemologia, ontologia e axiologia adotada é a questão de pesquisa (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). Os autores ainda ressaltam que

esta filosofia é intuitivamente atraente, em grande parte porque evita que o pesquisador se envolva em debates um tanto sem sentido sobre conceitos como verdade e realidade.

### 3.1.2 Tipo de abordagem

Com relação ao tipo de abordagem, esta pesquisa, devido a busca por um método que proponha a solução do *trade-off* custo/flexibilidade em estamparias, não possui uma abordagem estritamente dedutiva e nem indutiva. Em pesquisas, como as que utilizam *Design Science Research* (DSR) como estratégia de pesquisa, costuma-se orientar o estudo por mais de um método científico, onde a variação desta abordagem acontece conforme a etapa que está sendo desenvolvida (DRESCH, 2013). Entretanto, o método predominante nesta pesquisa é o abduutivo. Este método é caracteriza-se, conforme Dresch et al. (2015), em estudar fatos e propor uma teoria para explicá-los criando hipóteses explicativas para determinado fenômeno/situação.

### 3.1.3 Estratégia da pesquisa

Seguindo na proposta da “cebola” da pesquisa, as próximas três camadas focalizam o processo de projeto de pesquisa. A focalização transforma a pergunta de pesquisa em um projeto de pesquisa, escolhendo assim a estratégia de pesquisa juntamente com as técnicas de coletas e procedimentos de análise, além do horizonte temporal do projeto de pesquisa (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009).

Para a escolha da estratégia de pesquisa, Saunders, Lewis e Thornill (2009) afirmam que ela seja guiada: pelas questões e objetivos de pesquisa; pela extensão do conhecimento existente; pela quantidade de tempo e de outros recursos disponíveis; e pelos fundamentos filosóficos do pesquisador. Com base nestas afirmações, a estratégia a ser adotada nesta pesquisa não será nenhuma das estratégias presentes no modelo de Saunders, Lewis e Thornill (2009).

Como o objetivo desta pesquisa é propor um método, este que poderá ser generalizado para uma determinada classe de problemas, o uso de estratégias de pesquisa convencionais e amplamente conhecidas no cenário científico, como estudo de caso ou pesquisa-ação, não atenderiam, de modo objetivo e amplo, a expectativa de solução que deve ser gerada. Caso fosse utilizado o estudo de caso, este

contribuiria, conforme Yin (2001), para a compreensão de fenômenos individuais, organizacionais e administrativos, compreendendo-os mesmo que estes sejam altamente complexos. Já no caso do uso da pesquisa-ação, esta que, da maneira geral, visa produzir o conhecimento e, ao mesmo tempo, resolver um problema prático.

O objetivo desta pesquisa é algo mais amplo e abrangente, pois visa o projeto de um método que proponha a solução para o *trade-off* flexibilidade/custo com a especificidade do setor produtivo de estamparias. Assim, a ideia de projetar um método torna este trabalho fortemente associado a engenharia. Segundo Lacerda et al. (2013), a preocupação da engenharia é na utilização do conhecimento científico para projetar e construir artefatos que solucionem problemas. Sendo assim, a estratégia de pesquisa que mais se enquadra no objetivo principal deste trabalho é a *Design Science Research* (DSR). A DSR tem como contribuição a produção de conhecimento que seja aplicável e útil para a solução de problemas e para a melhoria de sistemas já existentes e, ainda, criação de novas soluções e/ou artefatos (LACERDA et al., 2013).

A justificativa para o uso da DSR como estratégia do desenvolvimento da presente pesquisa se deve:

- a) A característica que a pesquisa possui de buscar a investigação de artefatos que visam, simultaneamente, o aumento da flexibilidade e a redução de custos no contexto de estamparias;
- b) A ideia de projetar e associar estes artefatos de maneira a propor uma relação sistêmica que permita a sua aplicação no contexto de estamparias, conduzindo assim ao aumento da flexibilidade e da redução de custos;

Sendo assim, o uso da DSR para responder a pergunta de pesquisa deste presente trabalho tende a atender, de maneira mais coesa e direta para a proposição de um método que gerencie o aumento da flexibilidade e a redução de custo de estamparias. Resumindo e sintetizando a DSR é a estratégia de pesquisa mais indicada e adequada quando o objetivo do estudo é projetar e desenvolver artefatos e soluções prescritivas, como é o caso desta dissertação (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

### 3.1.4 *Design Science Research (DSR)*

A DSR é utilizada para desenvolver um artefato ou uma prescrição de maneira a buscar a solução de um problema específico de maneira satisfatória, entretanto, a solução encontrada deve ser passível de generalização para uma determinada classe de problemas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015). Em se tratando no uso do método, ele permite ampliar as possibilidades de enquadramento metodológico das pesquisas em Engenharia de Produção (LACERDA et al., 2013). Os autores destacam que a DSR possui um objetivo mais amplo, pois busca a geração de conhecimento que seja aplicável e útil para a solução de problemas, melhoria de sistemas já existentes e, ainda, criação de novas soluções e/ou artefatos, tanto no ponto de vista acadêmico quanto nas organizações.

Segundo Lacerda et al. (2013) a busca pela solução do problema deve ser feita considerando conceitos que distinguem soluções ótimas (ideais) de soluções satisfatórias. Isto porque uma decisão ótima de um determinado modelo simplificado não terá o mesmo sucesso no mundo real, tornando assim mais lógica a escolha de soluções adequadas/satisfatórias a situação problema.

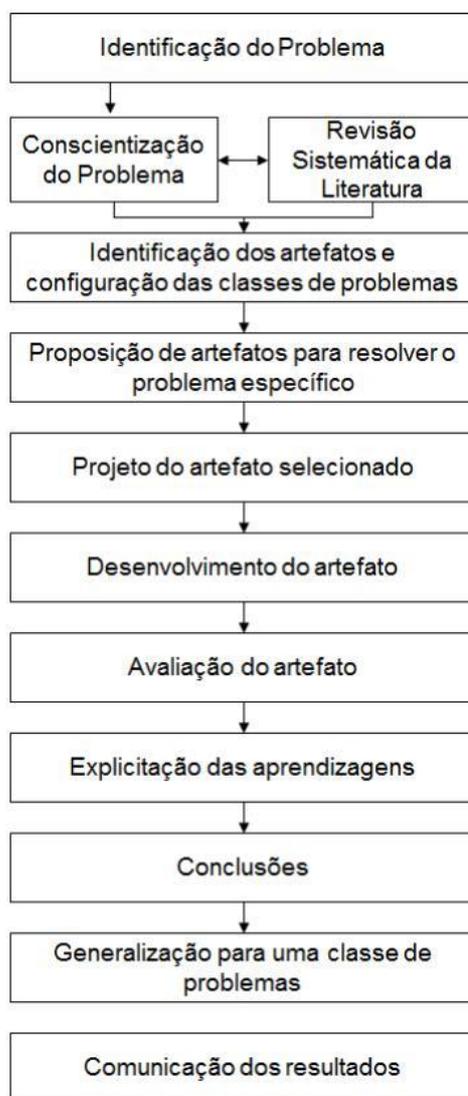
A importância do uso da DSR no contexto empresarial (mundo real) é defendida por Dresch et al. (2015) devido a necessidade do envolvimento do pesquisador com o contexto estudado e do pensar de forma transdisciplinar, pois problemas reais não necessariamente respeitam as disciplinas. Porém, a solução de problemas nas organizações tende a serem específicos, impedindo, a priori, a generalização e assim construção do conhecimento científico. Para resolver esta situação Lacerda et al., (2013) destacam o argumento de Van Aken (2004) segundo o qual a generalização das prescrições precisa ser realizada para uma determinada classe de problemas bem definida. As classes de problemas se caracterizam por ser uma organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos, que contenha artefatos avaliados, ou não, úteis para a ação nas organizações (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

Por sua vez, os artefatos servem a propósitos humanos, resolvendo assim seus problemas (VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE, 2017). De maneira geral, os artefatos são os meios utilizados para a solução do problema proposto. Dresch, Lacerda e Antunes (2015) propõem que os artefatos são como pontos de encontro, uma interface entre o ambiente interno e um ambiente externo, ou seja, uma

organização dos componentes do ambiente interno para atender as necessidades detectadas a partir da análise do ambiente externo.

Em se tratando do método em si, ou seja, das etapas e passos a serem desenvolvidos em pesquisas utilizando DSR, não há somente um único modelo consolidado, fato este que ocorre em outros métodos científicos. No artigo escrito Venable et al., (2017), há a identificação de ao menos 6 métodos para desenvolvimento de pesquisas através do método científico DSR. Para esta pesquisa em específico será utilizado o método proposto por Dresch, Lacerda e Antunes (2015), método este que abrange 12 passos principais – Figura 13.

Figura 13 - Método proposto por Dresch, Lacerda e Antunes (2015).



Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes (2015, pág. 125).

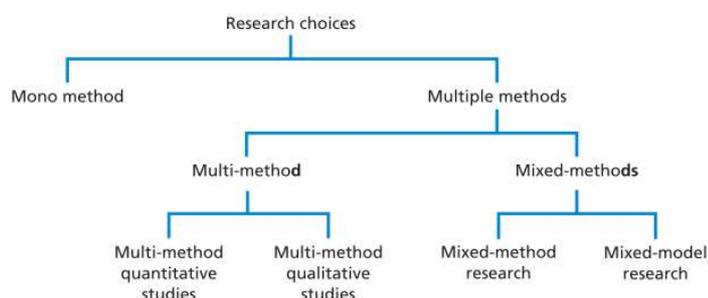
A escolha deste método é justificada por conter de maneira clara e sistemática as etapas de desenvolvimento da pesquisa com DSR. Ainda, o método tem um enfoque associado à utilização disciplina de engenharia de produção.

O método de Dresch, Lacerda e Antunes (2015) explicita, através das setas que retornam à etapas anteriores do processo, que a DSR é um método com etapas cíclicas, ou seja, etapas que são necessária a avaliação onde a saída pode ser o retorno a uma etapa antecessora. Esta fato remete principalmente a ideia de um projeto de engenharia, onde após a etapa de teste ou experimentação há a possibilidade de voltar às etapas iniciais para corrigir ou reprojeter algo que, através da avaliação, não atendeu as expectativas ou ao propósito do projeto.

### 3.1.5 Escolha da abordagem da pesquisa e técnicas de coleta e análise de dados

Continuando com o modelo proposto por Saunders, Lewis e Thornhill (2009), a próxima camada a ser definida refere-se a maneira pela qual se pode combinar abordagem quantitativa e qualitativa e ainda as técnicas de coleta e análise de dados. Os autores propõem que ao escolher os métodos de pesquisa, pode ser usado: i) uma única técnica de coleta de dados e procedimentos de análise correspondentes (método mono); ii) mais de uma técnica de coleta de dados e procedimentos de análise para responder a pergunta de pesquisa (métodos múltiplos). Por consequência, os métodos múltiplos ainda possuem outras quatro subcategorias, conforme Figura 14.

Figura 14 - Combinações possíveis entre abordagens e técnicas de coleta de dados e análise.



Fonte: Saunders, Lewis e Thornhill (2009, p. 152).

O múlti-método, este que se refere àquelas combinações onde mais de uma técnica de coleta de dados é usada com técnicas de análise associadas, mas isto é restrito dentro de uma visão de mundo quantitativa ou qualitativa. Contudo, o método

misto caracteriza-se quando ambas as abordagens – quantitativa e qualitativa – são utilizadas, com suas respectivas técnicas de coleta de dados análises. As técnicas de coleta de dados e análise ainda podem ser utilizadas de duas maneiras distintas: i) quando usa técnicas de coleta de dados quantitativos e qualitativos e procedimentos de análise ao mesmo tempo (paralelos); ii) quando utilizado um após o outro, sem combiná-los (sequenciais).

A DSR caracteriza-se pela possibilidade de utilizar abordagem qualitativa ou quantitativa nas etapas de projeto e avaliação dos artefatos. Assim sendo, para as etapas da DSR de identificação do problema, conscientização, consulta a literatura, identificação das classes de problemas, e demais etapas de projeto do artefato, a abordagem será estritamente qualitativa. Porém, na etapa de avaliação do artefato, como esta busca o aumento da flexibilidade e redução de custo, a abordagem será mista, através de análises qualitativas do processo de implementação do método, e de análises quantitativas de indicadores e variáveis que possam mostrar a efetividade do método proposto. Dessa forma, se utilizará de método misto de coleta e análise de dados.

### 3.1.6 Horizonte de tempo

Quando Saunders, Lewis e Thornill (2009) propõem a escolha do horizonte temporal ele sugere que a pesquisa seja uma “foto instantânea” tirada em um momento específico (estudo transversal) ou que ela se desenvolva de uma série de instantâneos durante um determinado período (estudo longitudinal), sendo estes independentes da estratégia de pesquisa escolhida.

Estudos transversais buscam descrever a incidência de um fenômeno ou explicar como os fatores estão relacionados em diferentes organizações. Já estudos longitudinais, possuem a capacidade de estudar a mudança e o desenvolvimento, e ainda proporciona ao pesquisador exercer controle sobre as variáveis do estudo (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009).

O presente estudo, devido a busca deste por um método que proponha flexibilidade e redução de custo em estamparias, torna-se necessária, para a avaliação dos artefatos, uma visão comparativa entre dois pontos temporais distintos: um antes de aplicação do método proposto e outro após a aplicação do método proposto. É com esta comparação entre os diferentes pontos temporais, na etapa de

avaliação do artefato proposto, que será possível a discussão dos resultados e a geração das críticas necessárias para a generalização do método. Assim sendo, o presente trabalho tomará como premissa a realização de um estudo longitudinal.

### **3.2 Método de trabalho**

Visando explicitar os passos realizados para a realização deste trabalho é apresentado a seguir o método de trabalho, através do qual torna-se possível identificar todas as etapas da pesquisa de maneira clara e sequencial. Para Dresch (2013), ter um método de trabalho bem definido permite uma maior clareza e transparência quanto a condução da pesquisa o que permite obter validade seja, de fato, ser reconhecida por outros pesquisadores. O método de trabalho, chamado por Gil (2002) de “construção lógica do trabalho”, consiste na organização das ideias com vista a atender aos objetivos ou testar as hipóteses formuladas no início da pesquisa. Desta forma o trabalho pode ser estruturado de maneira lógica, para que ele possa ser entendido como unidade dotada de sentido.

O método de trabalho desta pesquisa foi proposto tomando como base o método proposto por Dresch, Lacerda e Antunes (2015). O resultado do trabalho desenvolvido deve ser um artefato que possibilite tratar, de forma mais adequada possível, o *trade-off* “flexibilidade x custos” no setor de estamperia. Assim sendo, o método de trabalho foi construído para que fosse contemplada todas as etapas do desenvolvimento da DSR. Esta relação, juntamente com as respectivas saídas esperadas, é apresentada na Quadro 10.

Quadro 10 – Etapas do método de trabalho e suas respectivas saídas.

| Método de Trabalho  | Saídas  |
|---|---|
| Etapa 1: Identificação e conscientização do problema                                  | Problema e objetivos de pesquisa entendidos e explicados.   |
| Etapa 2: Consulta a Base de Conhecimentos e Construção do Referencial Teórico         | Referencial teórico e justificativas acadêmicas e empresariais.   |
| Etapa 3: Identificação dos artefatos existentes e configuração da classe de problemas | Quadro contendo a configuração das classes de problemas identificadas na literatura. Esquema explicitando os artefatos relacionados às classes de problemas.  |
| Etapa 4: Proposição do artefato   | Análise crítica dos artefatos identificados.  |
| Etapa 5: Projeto e desenvolvimento do artefato  | Modelo mental, com a relação dos artefatos ao trade-off custo x flexibilidade; Esquema da lógica de implementação dos artefatos; Framework base para a proposição do método.                              |
| Etapa 6: Apresentação do método   | Desenho do método proposto; Detalhamento do método em forma passível de promover o entendimento e aplicação prática.  |
| Etapa 7: Avaliação do método proposto em um cenário real                              | Relato da aplicação prática do método proposto em uma estamperia real, com as respectivas evidências da implementação; Análise crítica da implementação; Apresentação da evolução dos resultados obtidos. |
| Etapa 8: Avaliação e refinamento do método  | Análise crítica do método M0; Proposição de um método M1; Relato de grupo focal para análise do método M1; Proposição de um método na versão M2.  |
| Etapa 9: Redação de conclusões, contribuições e possíveis trabalhos futuros           | Relato crítico das etapas desenvolvidas e seus respectivos resultados; Apresentação das contribuições do trabalho; Explicação sobre as limitações identificadas; Listagem para trabalhos futuros.         |
| Etapa 10: Entrega e defesa da dissertação   | Dissertação concluída, entregue e defendida.  |

Fonte: Elaborado pelo autor com base no método de Dresch, Lacerda e Antunes (2015).

**Etapa 1 – Identificação e conscientização do problema:** nesta etapa busca-se focar na identificação do problema de pesquisa e dos objetivos do estudo. A escolha do problema de pesquisa a ser solucionado está relacionado ao interesse do autor deste trabalho, já que este está inserido no contexto metalmeccânico. Além disso, com base na experiência empírica foi possível constatar a importância do setor de estamperia no contexto de determinadas empresas do ramo metalmeccânica que tem por objetivo a produção de peças para os segmentos veículos pesados (máquinas agrícolas, caminhões, *road-building* etc...) e veículos leves (automóveis). Neste tipo de contexto a estamperia tende a produzir lotes cada vez menores de um maior e mais complexo 'mix' de produtos. Daí advém um *trade-off* entre o atendimento das dimensões competitivas custos e flexibilidade. Ademais, a promoção do entendimento pleno do problema foi obtida através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que buscou a caracterização do *trade-off* em questão e especificamente do cenário

de estamparias. Através do conhecimento levantado, foi desenvolvido a modelagem de um pensamento sistêmico, estabelecendo relações pertinentes ao problema. Estando o problema identificado e entendido, os objetivos da pesquisa foram formulados visando o fornecimento das respostas necessárias para o problema motivador deste trabalho.

### **Etapa 2 – Consulta a Base de Conhecimentos e Construção do Referencial**

**Teórico:** Esta etapa foi realizada em três momentos. O primeiro momento buscou, através de uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015), a análise, caracterização e afirmação de existência do *trade-off* custo *versus* flexibilidade, além de sondar possíveis soluções para este problema. Já o segundo momento, através de outra RSL, explorou a caracterização do cenário estamperia com o intuito de identificar os problemas inerentes ao setor. Ambas as revisões sistemáticas da literatura possuem seu detalhamento dos passos utilizados para a sua construção na seção 1.3.1 deste trabalho. Por fim, o terceiro momento, tendo como base as possíveis soluções apontadas pelas revisões sistemáticas da literatura, buscou o detalhamento e entendimento destas através de análises exploratórias da literatura de livros e artigos seminais.

Baseado nas revisões sistemáticas e análises da literatura, as justificativas da pesquisa para o cenário acadêmicos e empresarial foram desenvolvidas com o intuito de promover a relevância do tema de pesquisa. Além disso, como saída fim desta etapa, foi construído o referencial teórico que serviu de base para a realização do trabalho.

### **Etapa 3 – Identificação dos artefatos existentes e configuração da classe de**

**problemas:** nesta etapa, foi buscado a identificação dos artefatos com base no referencial teórico construído na etapa anterior. A identificação dos artefatos oferece soluções ao problema em questão (LACERDA et al., 2013). Para isto, foi objetivado, primeiramente, estabelecer as classes de problema que estariam relacionadas a este trabalho. A identificação das classes de problemas foi realizada com base nas duas RSL realizadas e explicitadas através do Quadro 12. Após os artefatos que estariam atrelados às classes de problemas foram organizados e relacionados, formando um esquema básico para proposição do método objetivo deste trabalho.

**Etapa 4 – Proposição do Artefato:** nesta etapa, foi realizada uma análise crítica de cada artefato identificado na etapa anterior com o objetivo de compreender características e especificidades que fariam sentido para a busca da solução do problema de pesquisa em questão. Além disso, foi explicitado a lógica de implementação de cada artefato, através de um desenho esquemático, com o intuito de ampliar o entendimento destes no cenário de uma estamparia.

**Etapa 5 – Projeto e desenvolvimento do Artefato:** o projeto do artefato, que no caso deste trabalho trata-se de um método que promova, concomitantemente, a redução de custos e o aumento da flexibilidade, artefato objetivo deste trabalho, teve seu início com a construção de um mapa mental – Figura 19. Este mapa, desenvolvido com base na análise crítica do referencial teórico, visou a explicitação das relações identificadas entre os artefatos e como estas levariam a solução do *trade-off* custo *versus* flexibilidade. De maneira a entender o contexto global em que o método estaria inserido, foi proposto a elaboração de um esquema que explicitasse a lógica de implementação de todos os artefatos identificados – Figura 20. Por fim, aspirando a compreensão das relações existente entre os artefatos, foi desenvolvido um *framework* base para o método a ser proposto – Figura 21. Este *framework* possibilitou o entendimento para organização e proposição de uma lógica para os artefatos que supostamente formariam o método que solucionasse o problema de pesquisa. Todos estes passos são apresentados em detalhes na seção 4.3 do trabalho.

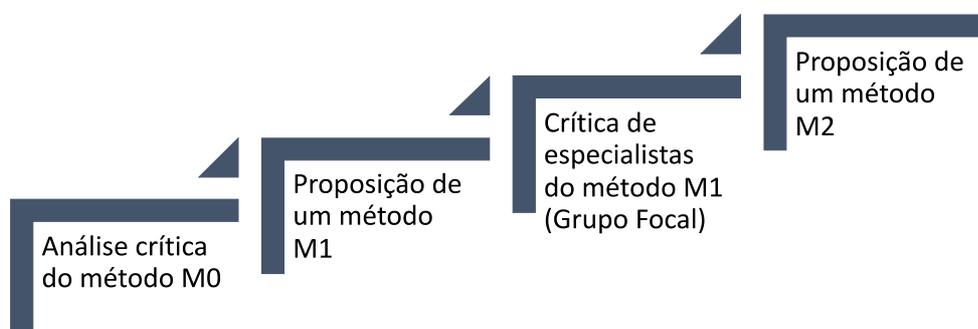
**Etapa 6 – Apresentação do método:** o método projetado, na versão M0, proposto puramente com base na literatura, foi apresentado, primeiramente, através de um desenho gráfico – Figura 23. Além disso, o método proposto teve todas as suas etapas e passos detalhados de maneira a ficar disponível para o entendimento e passível de ser aplicado em ambiente real. O método M0 proposto é apresentado na seção 4.4 deste documento.

**Etapa 7 – Avaliação do método proposto em um cenário real:** dentro do contexto da DSR, esta etapa constitui a etapa de avaliação do artefato com o intuito de promover o seu refinamento. Nesta etapa o método, na sua versão M0 projetado e detalhado na etapa anterior, foi aplicado durante um período de 5 meses em uma estamparia de uma indústria metalmeccânica de grande porte. A empresa, fornecedora

de peças e componentes para os segmentos agrícola, rodoviário, construção e automotivo, tem seu contexto relatado na seção 5.1. A aplicação do método M0 foi relatada na seção 5.2, trazendo as suas respectivas evidências detalhadas através de fotos e planilhas utilizadas. A coleta de dados foi realizada através da consulta dos arquivos da própria empresa, formado de apresentações, manuais, planilhas e painéis de gestão à vista. Além disso, devido a participação do autor deste trabalho em apresentações de acompanhamento do processo de implementação, aspectos inerentes a aplicação do método puderem ser observados e relatados na seção 5.3, através de uma análise crítica, com o objetivo de identificar dificuldades e aderência do método proposto ao mundo real. Por fim, foi relatada a evolução dos resultados obtidos da aplicação real, buscando explicitar, quantitativamente, a efetividade do método proposto.

**Etapa 8 – Avaliação e refinamento do artefato:** nesta etapa foi proposta a realização de passos para promover a melhoria do método objetivando a sua evolução e o refinamento de maneira a promover a melhor solução para o problema em questão deste trabalho. Esta avaliação e refinamento foi composta de 4 passos – Figura 15.

Figura 15 - Passos de avaliação e refinamento do artefato.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os 4 passos foram desenvolvidos da seguinte maneira: análise crítica do método M0, objetivando a identificação de melhorias tendo como base a sua aplicação prática; proposição de um método M1, com base nas melhorias identificadas no passo anterior; crítica de especialistas, através de um grupo focal, do método M1 proposto – seção 6.3; proposição de um método M2 baseado nas críticas e sugestões de melhoria provenientes do grupo focal.

Em se tratando especificamente do desenvolvimento do grupo focal, ele foi realizado com 8 participantes. O processo de seleção dos profissionais participantes teve como critério a experiência e a vivência profissional na manufatura e, preferencialmente, um embasamento acadêmico através de titulação de doutorado ou mestrado. Este critério de seleção pode ser comprovado através do Quadro 11.

Quadro 11 - Participantes do grupo focal.

| <b>Participante</b>       | <b>Perfil</b>  |
|---------------------------|--|
| 1) Anselmo Passos         | Mestre em Administração com ênfase em Estratégia Organizacional pela Unisinos. Graduado em Engenharia Mecânica na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. Profissional com carreira sólida na área Industrial e Operações com mais de 25 anos de atuação na gestão de produção, definição e implementação de programas de fabricação e elaboração de planejamento para utilização eficaz dos equipamentos. Atualmente atua como Gerente de Fluxo da fundição Tupy.  |
| 2) Ronaldo Barreto        | Doutorando em Engenharia de Produção na Unisinos. Mestre em Engenharia de Produção com foco em Gerência de Produção pela Unisinos (2010). Engenheiro Químico pela Universidade de Caxias do Sul (2003). Possui experiência na área de Engenharia de produção, com ênfase em Sistemas de Produção Enxuta e Teoria das Restrições. Atualmente é Gerente de Excelência Operacional e Engenharia de Manufatura na Tupy.  |
| 3) Ariel Peixoto Possebon | Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2013). Graduação em Administração de Pequenas e Médias Empresas pela Universidade Norte do Paraná (2008) e. Atualmente é sócio Consultor da Produttore Consultores Associados e Professor dos Cursos de Gestão da Produção Industrial e Engenharia de Produção na Universidade Feevale. Tem experiência na área de Engenharia de Produção com atuação em Gestão de Operações. Especialista em Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais (PPCPM).  |
| 4) Cristiano Valer        | Mestrado em Engenharia de Produção pela Unisinos. Graduação em Ciência da Computação pela Ulbra (2002). Profissional com experiência em implantação, gerenciamento e execução de projetos de TI que visam o aumento da produtividade. Atualmente é sócio Consultor da eFact Software LTDA.   |
| 5) Thiago Morais Menezes  | Mestre em Engenharia de Produção e Engenheiro de Produção, ambos pela Unisinos. Profissional, com mais de 13 anos de experiência e com atuação na área de gestão de qualidade e melhoria contínua e professor universitário. Atualmente é sócio consultor da Produttore atuando na área de Lean Office e proprietário da ACELERA Gestão e Desenvolvimento.   |
| 6) Jairo Lipert Monteiro  | Graduação em Engenharia Mecânica pela Unisinos. Profissional com 25 anos de experiência na indústria multinacional e nacional, nas áreas de Manutenção, Preset, Matrizaria, Ferramentaria, Forjaria, Usinagem e Lean na Construção civil. Sólida experiência na coordenação de equipes, indicadores, produção enxuta, Lean Manufacturing e Sistema Toyota de Produção.   |
| 7) Altair Klippel         | Doutor em Engenharia de Minas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Mestre em Engenharia de Minas na UFRGS. Engenheiro de Minas na UFRGS. Profissional com ampla carreira na área de gestão e atuando já a 20 anos em consultoria na implantação de conceitos do Lean Manufacturing (Produção Enxuta, Sistema Toyota de Produção) com vistas ao aumento da produtividade e aumento do ganho e redução dos custos em organizações de diversos segmentos industriais e de serviços. Atualmente é Sócio-Consultor da Produttore Consultores e Associados.  |
| 8) Aline Dresch           | Doutora em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela UNISINOS. Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2010) e graduação em Formação Pedagógica pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2011). Atuou como coordenadora e professora do Bacharelado em Engenharia de Produção na Unisinos. Também atuou como pesquisadora do Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem - GMAP   UNISINOS. Tem experiência na área de engenharia, atuando principalmente nos seguintes temas: metodologia da pesquisa, business process management, produção enxuta, teoria das restrições, pensamento sistêmico, supply chain management, entre outros. |

Fonte: Elabora pelo autor.

Para possibilitar o entendimento do método proposto aos especialistas, um material de apoio foi enviado previamente, relatando, de maneira sucinta, o processo de desenvolvimento do método e o seu respectivo detalhamento. Este material foi

enviado após o aceite dos participantes juntamente com roteiro previamente definido para o desenvolvimento do grupo focal, este sendo:

- 9:00 às 9:15 – apresentação dos participantes;
- 9:15 às 9:35 horas – pesquisador faz a apresentação do Artefato proposto;
- 9:35 às 9:45 – tirar as dúvidas em relação a apresentação do artefato;
- 9:35 às 11:15 horas – debate no Grupo Focal sobre o Artefato;
- 11:15 às 11:30 horas – Fechamento do Trabalho.

O grupo focal foi realizado através de videoconferência em uma sala virtual. Para isto, foi utilizado o *software Microsoft Teams* e teve o seu registro através de gravação vídeo e som. Após, para realização da análise do evento, o vídeo foi exportado para o *software MaxQda*. Este *software* foi utilizado para realizar a análise de conteúdo, classificando os trechos destacados em categorias de análise. As categorias de análise foram definidas posteriori, baseadas puramente na análise do vídeo. O processo de análise do vídeo foi feito através da codificação de trechos que possuíam observações e/ou questionamentos feitos pelos participantes. Para a nomeação das categorias buscou-se a identificação do assunto específico no qual o participante estava comentando, processo este que gerou 55 categorias com 58 trechos destacados. Após, iniciou-se um processo de refinamento destas categorias com o intuito de generalizar em assuntos que contribuíssem para o refinamento do método. Esta etapa de refinamento deu origem a 11 categorias distintas, estas que foram discutidas uma a uma na seção 6.3, objetivando a melhoria do método criticado.

Ao final desta etapa, o método M2, com as modificações entendidas como necessárias após o ciclo de refinamento, é mostrado graficamente, através da Figura 45, e detalhado na seção 6.4.

### **Etapa 9 – Redação de conclusões, contribuições e possíveis trabalhos futuros:**

esta etapa foi destinada para redação das considerações finais da pesquisa, através de um breve relato de todas as etapas desenvolvidas com seus respectivos resultados, conclusões e críticas. Além disso, as contribuições entendidas como significantes deste trabalho foram relatadas, com o objetivo de promover o avanço da ciência em questões relacionadas, principalmente, ao ambiente complexo de estamparias. A explicitação das limitações compreendidas como relevantes e que

podem influenciar o resultado desta pesquisa também foram relatadas com o intuito de promover o aprendizado dos leitores. Finalmente, foram propostas possibilidades para a realização de trabalhos futuros de maneira a propor a evolução de pesquisas relacionadas ao tema deste trabalho.

**Etapa 10 – Entrega e defesa da dissertação:** a etapa de redação, entrega e defesa da dissertação conclui o método de DSR escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa. Esta etapa abrange não somente o relato e comunicação a comunidade científica do método proposto, mas também o coloca a prova devido a avaliação pela banca especializada na qual este trabalho será submetido. Esta avaliação proporciona a geração de críticas ao método. Isto permite o refinamento final do trabalho.

## **4 MÉTODO PARA AUMENTO DA FLEXIBILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS EM ESTAMPARIAS**

Este capítulo contempla o método proposto para, simultaneamente, aumentar a flexibilidade e reduzir os custos no cenário de estamparias. Para isto, inicialmente são apresentadas as classes de problemas identificadas na análise da literatura. Em seguida, são analisados criticamente os artefatos para cada classe de problemas. Finalmente, é proposto o método (M0 – Método Inicial) para equacionamento do problema.

### **4.1 Classes de problemas e artefatos identificados**

Através da varredura realizada na literatura feita no Capítulo 2 do trabalho, foi possível identificar 3 classes de problemas que estariam associadas ao aumento da flexibilidade e a redução de custos – Quadro 12.

Quadro 12 - Classes de problemas identificadas com suas respectivas citações.

| Sequenciamento de Produção   | Redução do tempo de <i>setup</i>  |   | Aumento da utilização dos recursos  |
|--|---|---|---|
|  | Redução do Tempo de Troca de Ferramenta   | Redução do período de aceleração da produção  |   |
| Nas situações em que a produção de itens seguiu uma sequência que otimizasse os <i>setups</i> , a produtividade não foi significativamente afetada (BERRY; COOPER, 1999).  | A necessidade de redução de tempo nas operações de <i>Setup</i> justifica-se por uma série de fatores, dentre estes a redução de custo, através da redução do inventário, e o aumento da flexibilidade, devido a facilidade de produzir pequenos lotes de diferentes produtos (CLAUNCH; STANG, 1989). | A etapa de ajuste, pertencente dentro da operação de <i>setup</i> , pode representar cerca de 50% do tempo total da operação de <i>setup</i> (SHINGO, 1985)   | Foi constatado que havia somente a agregação de valor em somente 3% do tempo disponível, sendo os outros 97% desperdiçados em muitas operações (SHINGO, 1985).  |
| Quando os sinais de demanda são liberados em tempo real e não são sincronizados, somente em sistemas totalmente flexíveis é que os resultados podem diferir de sistemas parcialmente flexíveis (CHOU; TEO; ZHENG, 2008). | A adoção da matriz de SMED facilita as trocas de produtos, possibilitando responder rapidamente às mudanças na demanda e aumentando substancialmente a flexibilidade de fabricação (SHINGO, 1989).  | Mesmo que se tenha um tempo de troca de ferramentas muito baixo, o tempo de <i>setup</i> ainda pode ser muito longo devido ao tempo de ajuste, tempo este para que o processo produtivo esteja em um estado operacional e contínuo (GEST, 1995).  | Estamparias são detentoras de lotes consideráveis de produção, como o uso de lotes econômicos, para aumentar a utilização dos seus recursos (ROY; MEIKLE, 1995).  |
| A relevância do sequenciamento de produção de estamparias é justificada devido ao fato de que os tempos de <i>setup</i> e o tamanho do lote são fatores-chave que afetam o desempenho da fábrica (SUN, 2013).            | Estamparias são detentoras de tempos significativos de <i>setup</i> (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991)  | Após a primeira peça ser produzida com qualidade, ainda há um período de aceleração da produção, este que está relacionado aos ajustes necessários para estabelecer parâmetros de máquina corretos, permitindo a ocorrência da qualidade necessária e o volume de fabricação (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000). | A Toyota gerou soluções identificando que seu problema estava no uso ineficiente das máquinas, onde extensos períodos de não utilização, principalmente os tempos de <i>setup</i> eram observados (RAWLINSON; WELLS, 1996). |
| No chão de fábrica o processamento de pequenos lotes de produtos diferentes requer uma maneira única de sequenciar para minimizar o número de <i>setups</i> (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017).                 | A lógica de fluxo é consistida por: lotes de transferências pequenos, curtos tempos de <i>setup</i> e layout celulares (ROY; MEIKLE, 1995).   | É típico perder até cerca de dez vezes mais tempo durante o processo de <i>run-up</i> do que na etapa de <i>setup</i> (MILEHAM et al., 2006).   | O modelo do <i>trade-off</i> é mais aplicável quando a fábrica estiver trabalhando no limite de capacidade de seus ativos (BOYER; LEWIS, 2002)  |
|  | Processo em lote de alto volume de uma empresa, com grandes tempos de <i>setup</i> , não pode suportar a flexibilidade do mix de produtos necessária para lidar com a crescente variedade de produtos (BERRY; COOPER, 1999).  |   | Maximizar a utilização dos ativos das organizações de maneira a aproveitar a capacidade instalada evita a necessidade de investimentos significativos de capital (ANTUNES et al., 2008)                                     |
|  | Os processos em lote de baixo volume deve ser projetados com baixos tempos de <i>setup</i> e custos (BERRY; COOPER, 1999).  |   |   |
|  | A Toyota Shatai, que ao aumentar a variedade de produtos em sua fábrica de Inabe, viu sua produtividade reduzir devido a exigência de muito mais tempo para limpar as linhas de pintura e realizar seus <i>setups</i> (BERRY; COOPER, 1999).  |   |   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O **Sequenciamento de Produção**, identificado nos estudos de Berry; Cooper (1999), Chou, Teo, e Zheng (2008) Sun (2013) e Mohanavelu, Krishnaswamy e Marimuthu (2017)., busca o aumento da produtividade através da otimização das operações de *setup*. A importância de considerar o *setup* no sequenciamento da produção está relacionado ao fato deste tempo variar de trabalho para trabalho e de máquina para máquina (MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017). Além disso, há o fato das características do *setup* poderem ser dependentes da sequência de produção adotada (HWANG; SUN, 1998). Assim, a dependência do tempo de *setup* faz, por exemplo, com que uma troca da ferramenta A para a ferramenta B tenha um tempo necessário diferente de uma troca da ferramenta C para B. A dependência do tempo de *setup* no processo produtivo também pode ser evidenciada nas observações de Shingo (1985) com relação aos ajustes de altura do martelo de prensas, pois esta operação foi citada pelo autor como uma das principais barreiras à eficiência (RAWLINSON; WELLS, 1996).

Já a importância da **Redução do Tempo de Setup** foi evidenciada por Claunch, Stang (1989), Shingo (1985), Williams, Mitsui, Haslam (1991), Roy, Meikle (1995) e Berry, Cooper (1999). Buscar a redução da operação de *setup* foi apontada por Shingo (1985) como um fator chave na busca pela diversificação de produtos e redução de inventário, pois devido à necessidade da produção de pequenos lotes há um aumento substancial no número de *setups*. Sendo assim, a não redução desta operação traria um acréscimo nos tempos de inatividade dos recursos produtivos (máquinas/equipamentos) Este fato torna-se ainda mais importante no setor de estamperia. Isto porque a operação de *setup* é consideravelmente representativa nas perdas produtivas (ROY; MEIKLE, 1995), consequência esta que pode ser justificada pela dificuldade de movimentação e ajustes de ferramentas devido aos seus pesos e dimensões (RAWLINSON; WELLS, 1996).

A relevância da **Redução dos Tempos de Setup** para a flexibilidade foi indicada por Berry e Cooper (1999). Os autores apresentam exemplos como da Plastech e da subsidiária da Toyota Shatai de Inabe, que após adotarem uma estratégia de aumentar a variedade de produtos, tornando mais flexível com seus clientes, viram seus custos produtivos aumentarem devido, principalmente, aos tempos elevados de *setup*.

Com relação a **Redução do período de aceleração da produção**, esta foi relatada por Shingo (1985) e Gest (1995) como parte representativa na operação de

*setup* ou, conforme Mcintosh, Culley, Mileham (2000) e Mileham et al. (2006), na porção de tempo imediatamente posterior ao *setup*. Nas estamparias, Shingo (1985) classificou as operações de ajustes como um importante ponto devido a sua criticidade quanto a qualidade ou possibilidade de danificar ferramental. Além disso, o autor apontou que o manuseio e configuração da régua de alimentação, em prensas do tipo *Transfers* é um problema relevante. Além disso, as observações de Mcintosh, Culley, Mileham (2000) e Mileham et al. (2006) apontam para um tempo considerável que é desperdiçado mesmo após a operação de *setup* ser concluída (após a primeira peça com qualidade ser produzida) a busca pela **Redução do período de aceleração da produção** toma uma proporção ainda maior.

Antunes et al (2008) coloca como essencial a necessidade de reduzir o investimento em ativos, o que pode ser obtido através do **Aumento da Utilização dos Recursos**. Diminuir o desperdício da utilização dos recursos foi o objetivo de Shingo (1985) no conhecido caso das prensas da planta Toyo Kogyo's Mazda em Hiroshima, este que originou a criação da metodologia geral chamada SMED. Além disso, no cenário de estamparias, é comum a utilização de lotes econômicos como uma possível saída para aumentar a utilização dos recursos (RAWLINSON; WELLS, 1996), solução esta que é contrária a flexibilização da produção. Assim, é possível afirmar que a importância de aumentar a utilização dos recursos está associada diretamente a custos, onde quanto mais um ativo agregar valor menores serão os investimentos necessários de serem feitos, levando a redução dos custos dos produtos. Ademais, o fato trazido por Boyer e Lewis de que o modelo do *trade-off* de Skinner (1974) ser mais aplicável em fábricas que estejam no limite do uso de seus ativos reforça que a busca pelo **Aumento da Utilização do Recursos** ampliaria a capacidade produtiva, auxiliando assim a relação contrária entre custo e flexibilidade (*trade-off*).

Através da revisão da literatura realizada foi possível identificar os artefatos que estariam ligados a cada uma das 3 classes de problemas sinalizadas e que fazem sentido no cenário de estamparias.

Para a classe de problemas **Redução do Tempo de Setup** foi constatado na revisão da literatura que a metodologia SMED pode ser considerada como fundamental e completa no ponto de vista prático. Além disso, parece que os demais métodos são embasados diretamente no SMED contendo apenas algumas modificações e maneiras diferentes de abordagem. Ainda se tratando da **Redução do Tempo de Setup**, outro artefato relevante é o *Preset*, pois a sua proposição é a

redução do tempo de *Setup*, através da realização de boa parte das operações de *setup* externo, além da redução do período de aceleração da produção com a busca da redução e assertividade de ajustes. Além disso, conforme Seidel (2003), o *Preset* propõe uma série de atividades que, de maneira geral, buscam a melhoria da produtividade e a redução de custos (por exemplo, através da redução de refugos e retrabalhos dos produtos associados com a atividade de *setup* e da melhor utilização das ferramentas melhorando a sua vida útil). Já Monteiro (2009) destaca que o *Preset* busca aumentar a disponibilidade de máquina para a produção e a redução de custos.

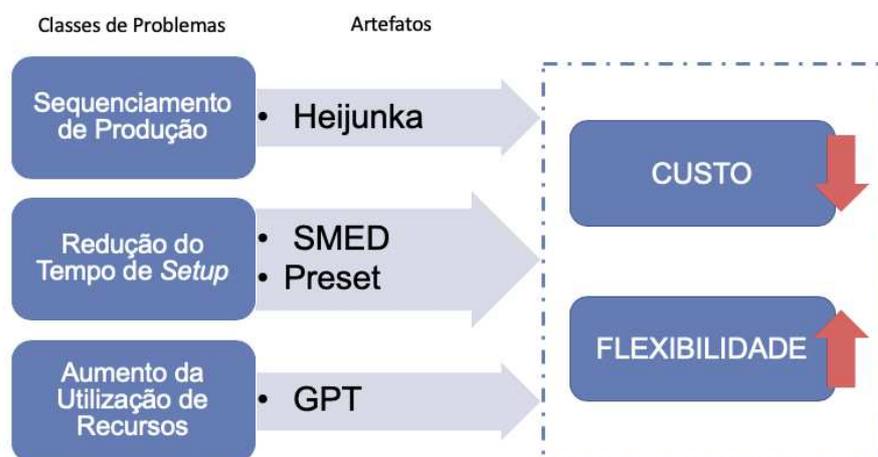
Com relação ao **Aumento da Utilização dos Recursos**, a consideração do método GPT pode ser plausível, do ponto de vista da Função Operação. Com relação a este método, é possível afirmar que a Gestão do Posto de Trabalho, proposto por Antunes et al. (2008), é fundamentado no aumento da utilização dos recursos que é medido pelo indicador chamado IROG, com seus desdobramentos em termos do OEE e TEEP. Assim sendo, o aumento do IROG significa o aumento da utilização do recurso que, ao ser ligado na lógica da Teoria das Restrições (TOC), ou seja, levando em conta os gargalos produtivos, proporcionará um aumento da capacidade da fábrica. Aumentar a capacidade produtiva da fábrica possibilita o aumento da taxa de produção e, conseqüentemente, a redução dos custos unitários dos produtos.

Já para o **Sequenciamento de Produção**, a consideração do *Heijunka* como sendo uma ferramenta que facilitará, devido a estabilização dos lotes, o sequenciamento dos trabalhos no chão-de-fábrica passa a ser admissível. Através do nivelamento que o *Heijunka* proporcionaria, seria possível o uso dos parâmetros e características específicas de máquina e ferramental para o sequenciamento, conforme sugerido por Shingo (1985), além da divisão dos trabalhos de alto e baixo volumes em máquinas específicas, sugerido por Claunch (1996). Além disso, o *Heijunka* traz a vantagem da busca pelo nivelamento de produção, este que, porém, deve ser realizado com cuidado para não impactar na flexibilidade.

## 4.2 Proposição do artefato

Para dar início a construção de um artefato que proponha a solução do *trade-off* Custo versus Flexibilidade no cenário de estamparias, uma análise crítica dos artefatos identificados – Figura 16 – torna-se necessária para que as suas viabilidades sejam exploradas.

Figura 16 - Esquema base para proposição de método.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar o artefato SMED, é possível constatar que se trata de um método básico, mas que contém o principal fundamento presente nos métodos de redução de *setup*: a separação e migração para fora da máquina das operações de troca de ferramentas que podem ser realizadas de maneira independente dos processos produtivos (preparação externa/*setup* externo). Devido ao método ter nascido em uma estamperia, no clássico problema de aumento de capacidade na prensa vivenciado por Shingo (1985), é possível afirmar que faz sentido a sua utilização para contribuir para o equacionamento do problema de pesquisa. Entretanto, adicionar as etapas de formação de time de melhoria (HIRANO, 2010; KANNENBERG, 1994) e adição do método 5S (HIRANO, 2010) traria um aspecto de propriedade maior do time operacional. Outro importante ponto seria o envolvimento da alta gestão (KANNENBERG, 1994), tornando o processo de redução do tempo de *setup* parte da estratégia da empresa, objetivando assim a flexibilização da estamperia.

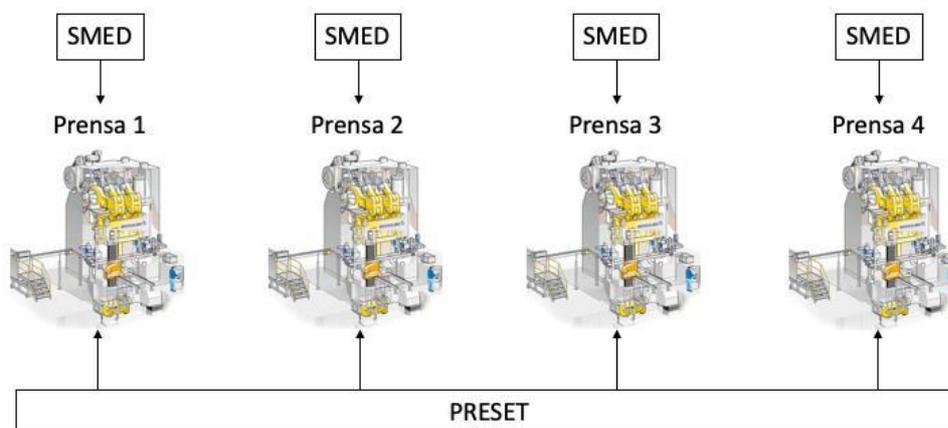
Ainda sobre o SMED, parece que o fato, levantado por McIntosh; Culley; Mileham (2000) e McIntosh et al. (1996), que o tempo decorrente entre a produção da primeira peça com qualidade até o atingimento da taxa de produção de processo (*Run-up*) ser considerável, torna a sua utilização importante para o método a ser proposto. Esta consideração, proporcionaria, em tese, uma assertividade maior no tempo despendido em *setup*, garantindo assim, a sua efetividade. Este fato é ainda mais relevante em equipamentos mais complexos, onde uma necessidade maior de confiabilidade de componentes que compõem o conjunto máquina e ferramenta é requisitado (KAMPA, GOLDA; PAPROCKA, 2017). Entretanto, parece que a definição

do exato momento em que a taxa de produção seja alcançada está afastada de uma operacionalização prática. Portanto, a utilização do tempo mínimo em que o processo deve ocorrer sem paradas, proposta por Seidel (2003), seria uma solução adequada para aplicação prática, gerando para o método um apontamento claro e direto para sua operacionalização.

Em se tratando de *PreSet*, sua associação ao método traria um apoio objetivo para ampliar o desempenho da adoção do método SMED, pois a existência de uma equipe especialista acarreta um processo de melhoria dedicado e focado na etapa de *setup* externo. Além disso, uma equipe dedicada tornaria a qualidade e a redução do tempo de *setup* foco de atuação. Neste caso, a busca pela qualidade do *setup*, gera uma redução do período de aceleração da produção devido a maior assertividade no que tange as atividades montagens e ajustes.

Outro importante fato a respeito do *PreSet* está associado com o seu caráter abrangente. Isto é justificado devido a sua aplicação para um conjunto de máquinas, diferenciando-se do SMED, que é utilizado máquina a máquina, gerando uma melhoria ampla na estamparia – Figura 17. Além disso, a aplicação do *PreSet* proporciona uma redução direta nos custos de manutenção de ferramental, pois, como estes possuem um elevado custo, uma pequena redução nas quebras de ferramental pode ter um impacto econômico-financeiro considerável. Assim, parece correto afirmar que a associação do *PreSet* a um programa SMED convergiria à uma redução considerável do tempo de *setup*, bem como implica na redução dos custos de ferramental e a redução dos custos associados com defeitos e retrabalhos.

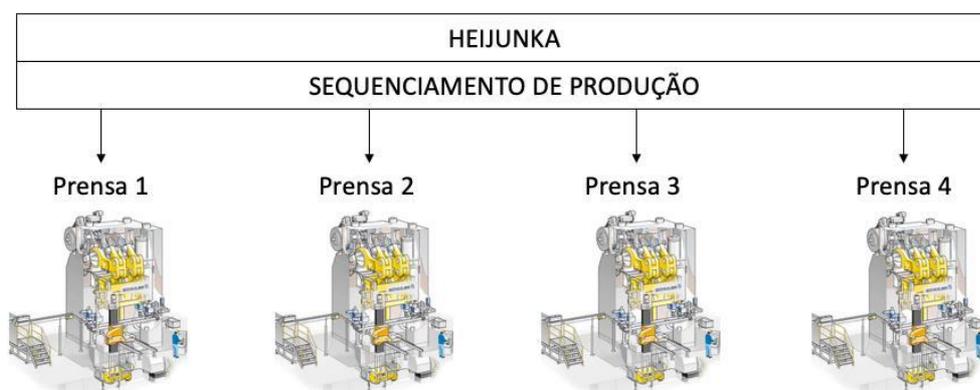
Figura 17 - Lógica de implementação do SMED e do PRESET.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao Sequenciamento de Produção, a análise da literatura sugere métodos computacionais para a realização desta operação. Porém, conforme Hwang e Sun (1998), estas soluções são complexas no mundo real de uma fábrica. O apontamento para o *Heijunka* como uma maneira de nivelar a produção, ajudaria no complexo sequenciamento dos trabalhos em um centro de trabalho, diminuindo variáveis como constantes alterações de lotes produtivos. Dessa forma, o sequenciamento, utilizando os lotes nivelados e associando ao conhecimento de características de *setup*, parece proporcionar uma solução aplicável e razoável. Em outras palavras, o planejamento através do método *Heijunka* implica em maior estabilidade em termos do Plano Mestre de Produção – PMP, o que facilita sobremaneira as atividades ligadas a programação de produção. Neste contexto, é possível afirmar que o *Heijunka* e o Sequenciamento de Produção seriam aplicados para um conjunto de máquinas, por se tratarem do nível do planejamento da produção – Figura 18.

Figura 18 - Lógica de implementação do Sequenciamento e do *Heijunka*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O GPT, método que busca o aumento da utilização dos recursos, proporciona ao nível operacional um processo de controle, análise e geração de ações, estas que trilham ao longo dos níveis hierárquicos buscando a melhoria de IROG/OEE. A utilização do GPT para o método a ser proposto sugere uma gestão para a eficiência das máquinas através da identificação e solução dos problemas enfrentados no dia a dia. Assim sendo, utilizar este artefato no método está diretamente ligado a redução de custos, além da ampliação da capacidade produtiva via melhoria na utilização dos ativos. Além disso, o GPT traria ao método uma ótica abrangente na busca de

eficiência devido a identificação de qualquer anomalia, não se restringindo assim somente ao *setup* como principal problema das estamarias.

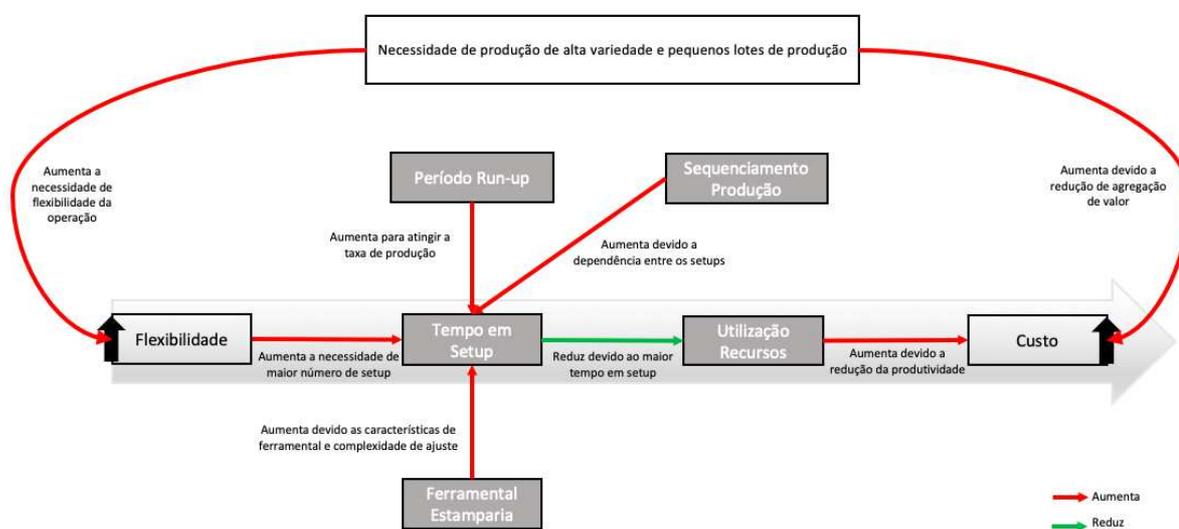
Entretanto, um ponto que parece relevante é com relação a frequência das observações do IROG, ressaltando a proposição de Sarker (1990) da importância destas observações ocorrerem ao longo do dia. Esta proposta diferencia-se um pouco do método GPT, que propõe que esta observação seja feita sob o resultado do dia posterior. Porém, parece que observar o IROG com uma frequência maior possibilitaria pequenas intervenções, auxiliando na melhoria da métrica.

Assim, a utilização dos artefatos citados parece estar alinhada com a solução deste trabalho: método para propor, simultaneamente, a flexibilidade e a redução de custos em estamarias. Desta forma, o método a ser proposto contará com estes artefatos organizados de maneira lógica e sistêmica, contendo algumas pequenas alterações que, através da análise da literatura, parecem fazer sentido sob o ponto de vista prático, de resultado e específico de estamarias.

### **4.3 Projeto e desenvolvimento do artefato**

A partir das classes de problemas e dos respectivos artefatos identificados na literatura, torna-se relevante apresentar um esquema para facilitar a compreensão da relação das classes de problemas com o *trade-off* geralmente observado entre as dimensões custo versus flexibilidade em – Figura 19.

Figura 19 - Mapa mental da relação das classes de problemas com o trade-off custo versus flexibilidade em estamparias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

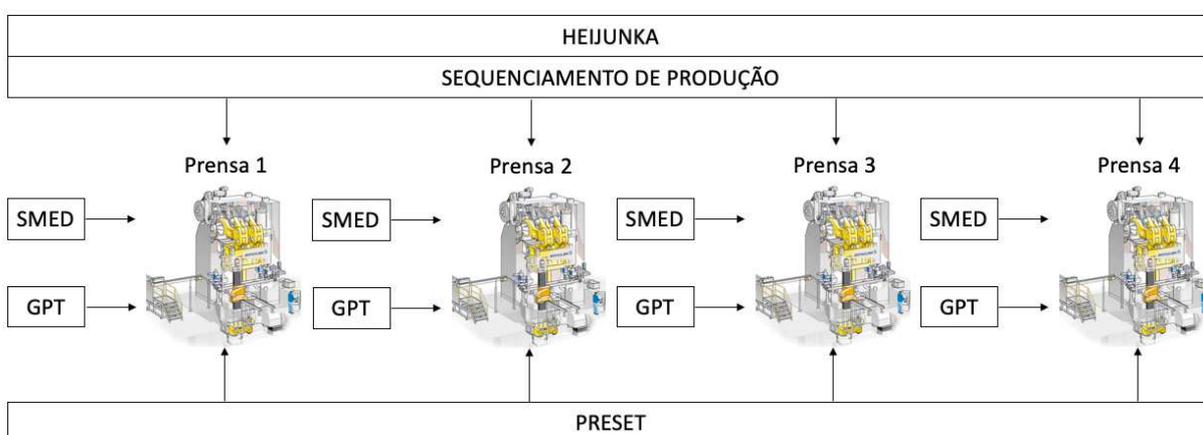
O mapa mental explicitado na Figura 19 tende a contribuir e esclarecer as relações identificadas na literatura. Parte-se do fato associado a necessidade de produção de uma elevada e crescente variedade de produtos e componentes para atender as necessidades de produtos demandados pelo mercado. Assim, a literatura apontou que uma maior flexibilidade implica em um aumento no número de *setups*, ocasionando, conseqüentemente e se nada for feito, uma redução da utilização dos ativos. Adicionalmente, foi identificado que o tempo de *setup* é influenciado pelo período de aceleração da produção, principalmente por ajustes necessários em processos automatizados, e pelo cenário estamparia propriamente dito, devido à complexidade usualmente observada nos seus *setups*. Já com relação ao sequenciamento, a literatura indicou que, devido a dependência dos *setups*, ele pode afetar o tempo do *setup*, principalmente relacionado a características de ferramental de estamparias. Assim sendo, estes fatores, ao influenciarem negativamente a utilização dos recursos, geram um aumento no custo devido a redução da taxa de produção. A redução da taxa de produção pode acarretar a necessidade de adicionar turnos e uma maior depreciação de máquinas para uma mesma quantidade de produção, ocasionando um aumento no custo unitário dos produtos.

Através das relações identificadas, é possível afirmar que o artefato a ser proposto deve enfatizar a redução dos tempos de *setup*, com uma preocupação no

período de aceleração da produção e sequenciamento da produção, para que o aumento na necessidade de flexibilização da produção, que sugere um maior tempo em *setup*, não reduza a utilização dos recursos existentes na empresa.

Portanto, o novo artefato a ser proposto teria uma relação sistemática dos artefatos identificados, com algumas modificações, sugeridas na literatura. Trazendo a lógica de implementação da Figura 17 e Figura 18 associando ao conceito do método GPT, a lógica de implementação do método proposto pode ser projetada – Figura 20.

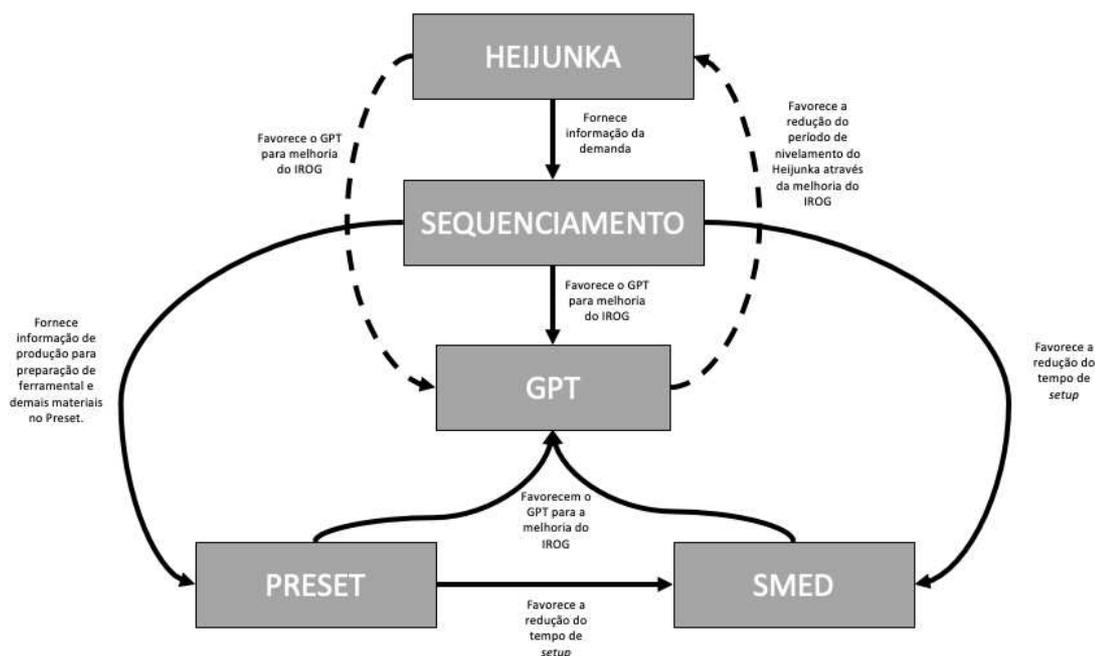
Figura 20 - Lógica de implementação do modelo proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conceitualmente, parece ser possível afirmar que a relação entre os artefatos identificados ocorreria conforme mostra esquematicamente a Figura 21.

Figura 21 - Framework base para o método proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, para o método proposto, supõe-se que o desenvolvimento e implementação do *Heijunka* estaria no topo do modelo, pois este trata do planejamento da produção que está no nível da Função Processo de acordo com a estrutura de produção proposta e viabilizada através do Mecanismo da Função Produção (Shingo, 1986). A principal ideia deste artefato seria propor a organização das demandas, nivelando a produção e gerando como saída, uma demanda mais estável no curto prazo, facilitando assim o Sequenciamento de Produção que a máquina deve seguir.

Em se tratando do Sequenciamento de Produção, a ideia principal é que nesta operação sejam consideradas as especificidades de *setup* e produtivas, buscando assim a otimização do *setup*. Assim, estima-se que o Sequenciamento influenciará a redução do tempo de *setup*, auxiliando o SMED e, conseqüentemente, melhorando o indicador IROG do GPT, além de proporcionar informação para a etapa de preparação do *Preset*. Para isso, é proposto que no momento de elaboração do sequenciamento da produção, além da área de PPCP (Planejamento, Programação e Controle da Produção), ocorra a participação da área técnica ou de gestores responsáveis diretamente pela linha produtiva e a equipe de *Preset*. Desta maneira, estima-se um sequenciamento mais adequado, onde a sua melhoria estaria relacionada ao aumento

da experiência dos envolvidos obtidos através da participação sistêmica e sistemática dos diferentes atores em sua rotina de execução.

Já com relação ao artefato GPT, presume-se que sua implantação traria o aumento da utilização dos recursos através do controle e monitoramento das máquinas buscando identificar as anomalias e gerando Planos de Ação de melhorias. Sua aplicação daria a base necessária para a implementação da melhoria contínua no âmbito operacional. O GPT daria o embasamento necessário para o time operacional e de gestão da real situação em que cada máquina se encontra com relação a utilização dos recursos e de quais são os fatores que a impactam negativamente, tendo como base deste diagnóstico o valor calculado de IROG. Desta maneira, presume-se de que o GPT proporcionará a gestão da melhoria garantindo que o aumento da flexibilidade não impacte negativamente no custo operacional.

Com relação a conexão entre GPT e *Heijunka* mostrada no *framework* da Figura 21 é baseada em associação entre o IROG e *Heijunka*. Conceitualmente, o *Heijunka* trata de nivelamento e estabelece a relação entre a necessidade do cliente com a capacidade de produção. Assim, a lógica normalmente sustentada em estamparias para o aproveitamento de *setup* está associada com o nivelamento com lotes que proporcionassem esta vantagem para processo produtivo. Entretanto, o método a ser proposto possui uma lógica inversa, que objetiva o aumento de flexibilidade. Neste sentido, parece que o nivelamento a ser proposto deveria estar associado a situação de capacidade produtiva em que a máquina se encontra, onde quanto maior a capacidade produtiva, associada diretamente ao IROG, com relação a demanda, maior seria a possibilidade de redução do tamanho dos lotes para a construção do *Heijunka* – Figura 22.

Figura 22 - Relação entre Heijunka e IROG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, entende-se que há uma relação entre IROG e *Heijunka*. Quanto maior for o IROG, que representa a utilização de recursos, mais torna-se possível a redução dos lotes facilitando o nivelamento de produção de acordo com a demanda de mercado. Sob o mesmo ponto de vista, o *Heijunka* influencia o IROG, onde um melhor nivelamento de produção, através do tamanho dos lotes, beneficia o IROG. Dessa forma, seria possível, após a aplicação do *Heijunka*, o sequenciamento com o olhar de identificação dos fatores que influenciam no *setup* e/ou período de aceleração da produção. Entretanto, é necessário ter cuidado para o nivelamento realizado não gere aumento excessivo dos lotes produtivos, prejudicando demasiadamente a flexibilidade.

Ainda em se tratando da implementação do GPT, presume-se que os parcos de paradas e as análises realizadas em estamparias tenderão a apontar para o tempo de *setup* total (somatório no número de *setups* X tempos de *setup*) como sendo um dos fatores que afetam significativamente o IROG. Desta forma, é possível supor que os artefatos relacionados a redução do tempo de *setup* e período de aceleração da produção, conforme identificado na literatura, influenciam diretamente na utilização dos recursos.

Ainda, é feita uma conjectura segundo a qual artefato *Preset* proporcionará, através da execução de suas atividades, a garantia de que ferramentas e dispositivos estejam em plenas condições de uso e devidamente programadas para auxiliar na redução do tempo de *setup* das máquinas (SMED). Assim, pressupõe-se que o desenvolvimento, implantação e operacionalização do *Preset*, antes mesmo da

adoção de métodos visando a redução dos *setups*, proporcionará assertividade no ferramental, além do monitoramento e detecção de anomalias das operações de *setup*, já que estes, de acordo com a literatura, ficariam sob responsabilidade da equipe de *Preset*. Neste sentido, a implementação do *Preset* pode ser pensada como um suporte, podendo ser projetado com antecipação, para a adoção do método SMED, pois a formação de uma equipe de *Preset* demanda tempo de atividades de treinamento e de organização. Além disso, conforme Figura 17, como o *Preset* leva em conta um conjunto de máquinas, aplicar o método garanti uma melhoria ampla na estamparia

Seguindo na necessidade de redução do tempo de *setup* e período de aceleração da produção, é proposto a implementação do artefato SMED. Estima-se que este método possui a teoria e os elementos práticos básicos para a redução do tempo de *setup*, contribuindo assim para a redução do tempo de inatividade da operação, influenciando o IROG, e, conseqüentemente, permitindo a melhor e mais eficaz aplicação do *Heijunka* que visem o aumento da flexibilidade através da redução do tamanho dos lotes. Ainda se estima que a aplicação do SMED, mesmo que iniciada posteriormente, será conduzida paralelamente ao *Preset*, onde a participação da equipe de *Preset* será importante principalmente para a melhor execução da etapa de *setup* externo.

Como lógica de implantação é pensado que a aplicação do método SMED seja realizado, conforme mostra a Figura 17, máquina a máquina. A saída do método de Troca Rápida de Ferramentas implica no estabelecimento de passos lógicos claros e explícitos de execução das trocas, as quais estão associados instruções de trabalhos (IT'S) padronizadas para facilitar as ações dos operadores (Hirano, 2010). Ainda, são estabelecidas a formação de time para o desenvolvimento do SMED.

A aplicação e o desenvolvimento dos artefatos citados anteriormente, bem como as relações entre eles, são centrais para embasar o método proposto neste trabalho. Entretanto, para a proposição do método M0, a ordem de aplicação de cada artefato será baseada em algumas premissas. Existe a necessidade inicial da definição da equipe responsável pela gestão e implantação dos processos de melhorias sugeridos no método. Esta equipe, além dos conhecimentos associados ao método em particular, necessita deter conhecimento tácito que será expandido no processo de implementação dos trabalhos de melhoria. De outra parte, é relevante destacar que o time operacional envolvido entenda a metodologia a ser aplicada e a

sua importância para melhorar o desempenho técnico e financeiro da organização. Além disso, conforme identificado na literatura, parecem haver etapas que antecedem a aplicação dos artefatos e que são necessárias para garantir a implantação do método como um todo, a saber: i) definições de metas e escopo, garantindo que a implementação do método esteja convergindo com alta gestão (KANNENBERG, 1994; NAKAJIMA, 1988); ii) formação, treinamento e capacitação da equipe de melhoria (ANTUNES et al., 2012); iii) escolha de máquinas para aplicação do método (ANTUNES et al., 2012). Com relação especificamente a equipe a ser formada é essencial que existam profissionais ligados a diversas áreas, com o intuito de trazer uma visão de caráter multidisciplinar para a busca de soluções, o que tende a facilitar as ações tendo em vista a complexidade associada com o objeto estamaria.

Além disso, avaliando o framework da Figura 21, parece ser possível afirmar que o método GPT seria um artefato base, pois todos os outros estariam, de alguma forma, o influenciando. Talvez uma justificativa para isto seja que o GPT acaba identificando os fatores que afetam o IROG, incluindo as anomalias, gerando uma foto clara da real situação que cada máquina se encontra para todos os níveis hierárquicos. Neste sentido, o método proposto assumirá o GPT como o primeiro artefato a ser aplicado, antes mesmo do desenvolvimento do *Heijunka* e sequenciamento de produção. Assim, parte do pressuposto de que o GPT pode contribuir para o desenvolvimento eficaz do balanceamento da produção via *Heijunka*, contribuindo significativamente para a estabilização do sistema produtivo e, conseqüentemente, facilitando o sequenciamento de produção.

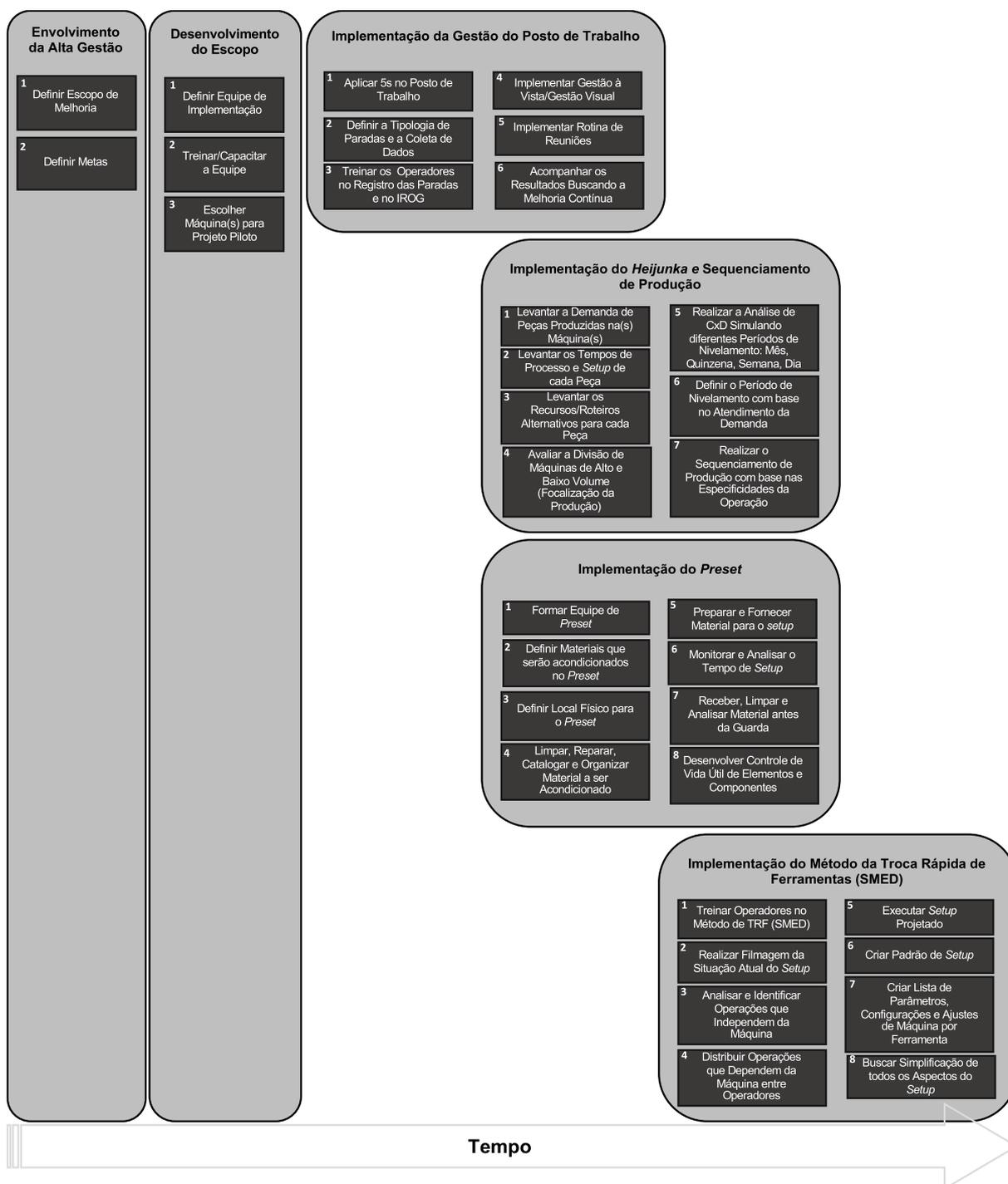
Cabe salientar, que o método a ser proposto possuirá uma lógica de desenvolvimento das atividades de maneira que proporcione o contínuo aprendizado da equipe implementadora, operacional e gestão, além de foco da sua aplicação. Para isto, propõe-se que seus passos sejam realizados adotando o conceito de máquinas pilotos, escolhidas de maneira estratégica, o que permite estabelecer um foco objetivo para a implementação do método. A aplicação profunda dos diferentes artefatos em máquinas piloto trará conhecimento e experiência para os times envolvidos, além de prover os padrões, bem como a melhoria contínua e sistemática dos mesmos para que seja possível a expansão do método com a devida segurança e rapidez.

Com base nas relações e sistematização apresentadas, a proposta inicial para o método que busca o aumento da flexibilidade e a redução de custo em estamaria pode ser desenvolvida.

#### **4.4 Apresentação do método**

Com base nos pressupostos adotados na etapa de projeto na sequência é sugerida a versão do Método denominada de versão M0. O método proposto é composto de seis etapas gerais, decompostos em 34 passos. Os passos seguem uma ordem lógica, porém, em certos casos, podem ocorrer de maneira simultânea uma vez que determinados passos que podem ser desenvolvidos de forma independente e paralela. A Figura 23 apresenta o Método M0.

Figura 23 - Método M0 proposto para aumento de flexibilidade e redução de custos em estamparia.



Fonte: Elaborado pelo autor

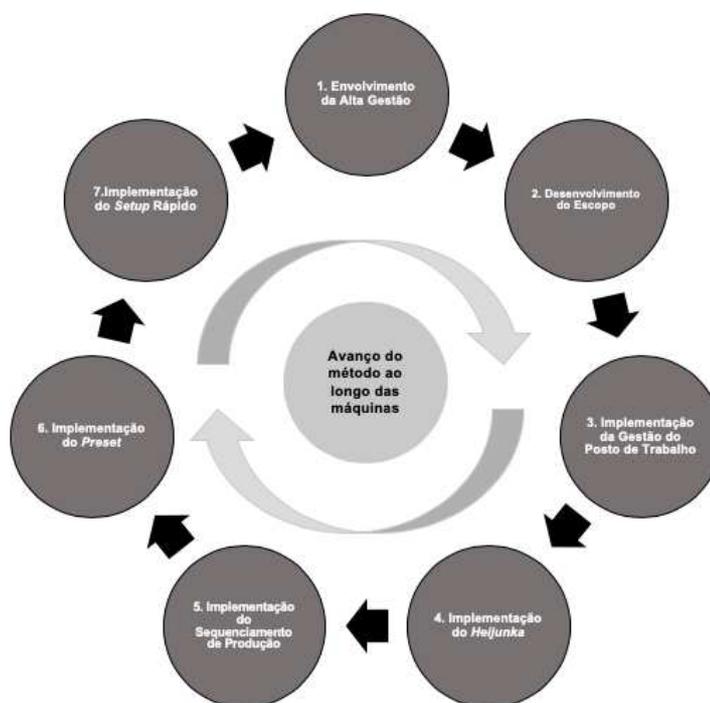
Os passos de implementação do método foram divididos em seis etapas. A divisão nestas etapas foi realizada visando proporcionar uma melhor organização e entendimento dos importantes marcos que constituem o método.

A construção do modelo da Figura 23 teve como base o *framework* apresentado na Figura 21. Entretanto, algumas alterações foram necessárias para propor o adequado entendimento das diferentes etapas de implementação, incluindo o horizonte de tempo no principalmente devido a inclusão do eixo tempo ao modelo. Estima-se que trazer a ideia de tempo ao modelo tornará claro a necessidade de debater criticamente a ordem de implementação de cada etapa, devido a existência de dependência, ou a possibilidade de implementação simultânea quando as etapas forem independentes.

Uma das alterações realizadas foi a implementação da Gestão do Posto de Trabalho (GPT) antes do método *Heijunka* e do Sequenciamento de Produção. Esta ação é justificada devido a necessidade de conhecimento do valor de IROG que a máquina possui, conforme relação explicitada na Figura 22. Outra sugestão do método consiste em inicializar a implantação do *Preset* para servir de base para a implantação mais eficaz nos diferentes postos de trabalho do método da TRF (*SMED*). Cabe destacar que a implantação do *Preset* tende a se constituir em uma etapa longa necessitando, ainda, do desenvolvimento de uma equipe especializada. Em outros termos, supõe-se que ter uma estrutura de *Preset*, mesmo que em processo de desenvolvimento, auxiliará significativamente a implementação do *setup* rápido.

Além disso, a ideia é de que o método seja implementado através de diversos ciclos. A ideia é a implantação dos métodos em uma máquina, ou um pequeno conjunto de máquinas, para que os mesmos sejam absorvidos pelos profissionais que atuam na Organização. Isto tende a permitir uma replicação mais eficaz ao longo dos próximos ciclos de implantação – Figura 24.

Figura 24 - Ciclo proposto para implementação do método M0.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A ideia de implantar adotando a noção de ciclos tende a garantir um foco mais direto, bem como um processo de aprendizagem mais eficaz da equipe responsável pela implantação. Embora o método seja formado por passos detalhados, algumas peculiaridades específicas do ambiente de aplicação gerarão a necessidade de adaptações, ajustes ou desenvolvimentos. Sugere-se que, quando os métodos estão associados a máquinas em particular (exemplo: GPT e Troca de Ferramentas) ele seja aplicado a somente em apenas uma máquina no primeiro ciclo, caracterizando-se um experimento ou 'laboratório' de aprendizagem. Uma vez que tenha sido feita uma experiência na devida profundidade, o método poderá avançar para outras máquinas de forma mais aceleradas, seguindo o escopo e as metas estabelecidas pela alta gestão em conjunto com a equipe responsável pela implantação.

Na sequência são detalhados os detalhamentos de cada etapa, bem como dos passos que a constituem.

#### 4.4.1 Envolvimento da Alta Gestão

O envolvimento da alta gestão na etapa inicial visa garantir que as intenções estratégicas da empresa, que partem dos negócios, estejam alinhadas com o método de melhoria proposto. Adicionalmente, e não menos importante, é necessário conferir ao projeto como um todo um caráter institucional, de tal forma que a alta gestão garanta o apoio de todas as áreas da empresa para a implantação do(s) método(s), bem como os resultados projetados. Neste sentido, sugere-se a adoção dos seguintes passos:

**Passo 1 – Definir Escopo de Melhoria:** o objetivo da definição de escopo de melhoria é proporcionar a todos envolvidos na implementação do método objetivos claros, sustentando assim as decisões que deverão ser tomadas ao longo das etapas e passos. Além disso, a participação da alta gestão garantirá o alinhamento do processo de melhoria as necessidades estratégicas da empresa, ou seja, conectando a estratégia de negócios da empresa, com a estratégia de produção e os métodos daí derivados. A saída deste passo está associada com o escopo do trabalho, sendo daí derivado uma lista contendo as áreas, linhas ou máquinas que serão foco do trabalho. Adicionalmente, outra saída essencial consiste na definição dos prazos para a implantação das diferentes etapas e passos, explicitadas através de um cronograma com os marcos principais do projeto. Evidentemente que o escopo pode e deve ser revisto após a implantação e o atingimento de objetivos intermediários caracterizando uma visão dinâmica e permanentemente negociada do ciclo de melhorias contínuas do sistema produtivo.

**Passo 2 – Definir Metas:** neste passo, a alta gestão definirá as metas que a implementação do método deve objetivar. Por exemplo, nesta etapa devem ser sugeridos os valores de IROG que a equipe de implantação e operacionalização deve buscar, dividindo-os em metas graduais ao longo período total destinado a implementação e operacionalização do método. Pretende-se, com este passo, gerar o comprometimento de todo o corpo gerencial com os processos de melhoria em curso.

#### 4.4.2 Desenvolvimento do Escopo

A etapa de desenvolvimento do escopo ocorre, ainda, no âmbito da alta direção da empresa. Um ponto relevante consiste na definição da equipe de implantação. Esta equipe deve contar com profissionais qualificados da ótica técnica, que estejam alocados em posições estratégicas da estrutura organizacional e com caráter multidisciplinar (ou seja, contendo profissionais de todas as áreas interessadas e associadas a implantação e operacionalização dos diversos métodos). Além disso, é nesta etapa que os objetivos e metas definidos no escopo serão detalhados e desdobrados em planos de ação e cronogramas muito mais acurados. Os passos que compõem esta etapa são:

**Passo 1 – Definir Equipe de Implementação:** formar uma equipe multidisciplinar, composta por membros que possuem considerável conhecimento prático auxiliará no planejamento e na tomada de decisão objetivando o equacionamento de problemas que ocorrerão ao longo do processo de implantação e operacionalização do método de melhoria da flexibilidade e custos. De forma geral, a equipe multidisciplinar necessita envolver os seguintes profissionais: produção, engenharia de produto e processo, ferramentaria, PPCP, qualidade, manutenção e, caso existir na empresa, especialistas em atividades de melhorias contínua. Estima-se que a diversidade de conhecimentos disponível na equipe facilitará a melhoria em todos os aspectos que compõem o processo produtivo de estamparia.

**Passo 2 – Treinar Equipe:** é necessário que a equipe, formada no passo anterior, tenha um embasamento conceitual homogêneo e aprofundado dos conceitos, princípios e técnicas associados com o método global de implantação e operacionalização proposto. De forma geral, visando acrescentar uma visão sistêmica abrangente aos participantes, sugere-se partir de uma conceitual ampla que inclui: i) Sistema Toyota de Produção (em particular o Mecanismo da Função Produção); ii) a Teoria das Restrições (TOC); iii) os conceitos associados com o Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais. A partir daí desenvolver os necessários conhecimentos associados aos métodos, medidores e técnicas que seguem: GPT/IROG, TRF/SMED, *Preset*, Análise de Capacidade e Demanda, *Heijunka*, Sequenciamento de Produção, 5S. Este treinamento deve ser realizado por

pessoal qualificado visando para garantir o repasse dos conceitos, princípios, métodos e técnicas envolvidas de forma direta e com foco nas aplicações práticas decorrentes.

**Passo 3 – Escolher Máquina(s) para Projeto Piloto:** a escolha da máquina(s) para desenvolvimento do projeto piloto pode ser realizada através de um estudo preliminar utilizando a ferramenta CxD (Capacidade *versus* Demanda), que permite determinar o recurso mais restritivo para se tornar o foco da implementação. Este critério garantirá, sob a ótica da TOC, um aumento da capacidade global da estamperia. Entretanto, outros critérios podem ser tomados, para a escolha de máquina como, por exemplo, aquelas que estão trabalhando em três turnos ou mesmo máquinas típicas da estamperia que possam favorecer a implementação, não só por suas características técnicas típicas, mas observando o nível de qualificação e/ou comprometimento dos profissionais e do time que atuam na máquina escolhida. O ponto central aqui é aprofundar o conhecimento dos métodos envolvidos e não propriamente os resultados obtidos no curto-prazo que, no entanto, se forem positivos tendem a ajudar a fortalecer a percepção da eficácia dos mesmos e da necessidade de sua expansão para as demais máquinas da estamperia.

#### 4.4.3 Implementação da Gestão do Posto de Trabalho

É possível afirmar que o método da Gestão do Posto de Trabalho (GPT) é fundamental para realizar melhorias na Função Operação, tendo como base a visão global do sistema. O método tem por lógica a gestão unificada, sistêmica e voltada aos resultados dos postos de trabalho (ANTUNES et ali, 2013). Importante destacar que o indicador síntese para medir e verificar se o método está alcançando os resultados necessários é o IROG. Visando a implantação do GTP são sugeridos os seguintes passos:

**Passo 1 – Aplicar 5S no Posto de Trabalho:** a metodologia 5S (Seiri – utilização; Seiton – Organização; Seiso – Limpeza; Seiketsu – Higiene; Shitsuke – Disciplina), oriunda do modelo japonês, deve ser aplicada no GEMBA (‘verdadeiro local onde a ação acontece’), sendo amplamente conhecida no ambiente fabril, é um elemento essencial para a eficaz aplicação dos métodos a serem desenvolvidas. Aqui se faz necessários alguns comentários críticos em relação ao tema. Segundo Oliveira (2018)

o conceito de Organização (Seiton) não deve ser entendido como uma mera 'arrumação' do setor. Oliveira (2018) deixa claro que as atividades de Organização devem ser realizadas no intuito de ajudar na melhoria do fluxo de materiais (Função Processo), bem como na melhor e mais eficaz movimentação dos trabalhadores, o que implica essencialmente, em reduzir consideravelmente a sua movimentação. (Função Operação). Da mesma forma, a Limpeza (Seiso) não trata somente de propor e implantar um ambiente isento de sujeira, mas sim objetiva identificar se existe algum tipo de anormalidade que pode ser rapidamente observada em um ambiente limpo (OLIVEIRA, 2018). A ideia é, portanto, que o entorno da(s) máquina(s) deve ser organizado e, preferencialmente, tendo os locais devidamente identificados, estabelecendo assim um padrão de organização da produção e do trabalho. A ideia perseguida é a de que a adoção do método do 5S se constitui em uma base fundamental para a implantação dos métodos SMED, *Preset* e GPT que tem como base o desenvolvimento de um senso de organização, limpeza, higiene e disciplina por parte dos operadores. Este passo pode ser desconsiderado, ou mesmo meramente reestruturados, se a empresa ou a máquina já utilizar a metodologia em seu sistema produtivo.

**Passo 2 – Definir Tipologia de Paradas e a Coleta de Dados:** o objetivo é codificar uma tipologia padrão para registrar as causas de paradas dos postos de trabalho, tendo assim, como saída, uma lista das paradas padrões no que tange as paradas passíveis de serem observadas. Além disso, neste passo é necessário a definição de como os dados serão coletados (diários de bordo, planilhas eletrônicas, sistemas MES, etc.). Os registros devem ocorrer de maneira a facilitar futuras análises críticas.

**Passo 3 – Treinar os Operadores no Registro das Paradas e no IROG:** Treinar os colaboradores do posto(s) de trabalho para o registro através do uso da tipologia estabelecida no passo anterior. Além disso, os operadores e gestores do posto(s) de trabalho devem ser treinados no conceito do IROG, de maneira a proporcionar um entendimento da representatividade, cálculo e formação do indicador. Como saída deste passo pretende-se ter os operadores e gestores da máquina(s) com capacidade de registrar as paradas e/ou anomalias ocorridas.

**Passo 4 – Implementar Gestão à Vista/Gestão Visual:** Implementar a gestão visual tem por objetivo o compartilhamento da informação para todos os níveis, consolidando assim uma forma de observar rapidamente a evolução do IROG, além de tornar claro e visível os principais problemas, através da adoção do gráfico de Pareto. Ainda, a partir dos dados e fatos e de suas prioridades são expostas a busca de soluções formalizadas através dos chamados Planos de Ação (PA's). É sugerido que a gestão visual esteja situada na máquina(s) ou em um local muito próximo.

**Passo 5 – Implementar Rotina de Reuniões:** É a rotina de reuniões que garantirá o contínuo processo de análise e desenvolvimento de Planos de Ação. Esta rotina deve abranger reuniões entre todos os níveis hierárquicos, envolvendo a equipe implementadora, operadores, gestão e áreas de apoio. Como rotina de reuniões sugeridas tem-se: i) uma reunião diária entre operacional e primeiro escalão de gestão, com o objetivo de compreender os valores de IROG atingido no dia anterior e os problemas e anomalias que ocorreram; ii) reunião diária entre o primeiro escalão de gestão (ex. líder de linha), implementadores e segundo escalão de gestão (ex. supervisor), com o intuito de gerar ações para a correção ou inibição futura dos problemas ocorridos; iii) reunião semanal, com o segundo escalão de gestão da produção e das áreas de apoio que tenham interface com o processo produtivo, para análise de Pareto e a proposição de ações sistêmicas, tendo como foco de atuação os problemas que mais afetaram o IROG; iv) reunião mensal da alta gestão, com o objetivo de apresentar os resultados e os Planos de Ação, garantindo um amplo conhecimento da situação por parte da alta direção da empresa na área industrial. É evidente a importância institucional desta reunião, essencial para a legitimação do projeto como um todo. Além disso, poderá acarretar ações de cunho prático no redirecionamento do planejamento geral do projeto (expansão, mudança de prioridades, investimentos em ações de cunho estruturante etc.).

**Passo 6 – Acompanhar os Resultados buscando a Melhoria Contínua:** Este passo propõe que os resultados sejam constantemente avaliados pelo time de gestão, mesmo após a implementação do método. Estima-se que este passo é importante para garantir a sustentação de ações de melhoria contínua das máquinas, em particular, e no sistema produtivo da estamperia como um todo, ao longo do tempo.

#### 4.4.4 Implementação do *Heijunka* e Sequenciamento de Produção

Conforme explicitado anteriormente, a implantação e operacionalização do GPT, em particular o seu medidor o IROG, dará as bases para a implantação do *Heijunka*, ou seja, do nivelamento da produção. A ideia aqui é gerar uma demanda, o máximo possível estável, para que assim seja possível a realização de um melhor sequenciamento de produção, levando em conta a especificidade dos *setup*. Assim, levando em consideração os *trade-offs* o método proposto sugere que o *Heijunka* seja reavaliado periodicamente.

Já a implementação do Sequenciamento de Produção, após a realização do nivelamento de produção através do *Heijunka*, é uma etapa que visa, simultaneamente e, na medida das possibilidades, manter os prazos de entrega dos diferentes clientes e reduzir tempos globais de *setup*. Devido a elevada complexidade que esta atividade pode tomar, é estimado que soluções razoáveis de sequenciamento possam ser encontradas através da simplificação da demanda, gerada pelo *Heijunka*, e do conhecimento prático dos gestores envolvidos no processo de programação. Assim, pressupõe-se que quanto maior o conhecimento prático envolvido na atividade de sequenciamento, melhor será a solução para um bom aproveitamento na operação de *setup*.

Assim sendo, os passos propostos para o desenvolvimento do *Heijunka* e do Sequenciamento de Produção estão apresentados a seguir:

**Passo 1 – Levantar a Demanda de Peças Produzidas na(s) Máquina(s):** este passo tem como objetivo o conhecimento da demanda das peças que são fabricadas em cada máquina. Para o levantamento da demanda são utilizadas a previsão de vendas oriundas do setor comercial. Entretanto, no caso de estamparias, que comumente são fornecedoras de componentes mecânicos para montadoras dos segmentos agrícola, rodoviário, construção e automotivo, a previsão é continuamente enviada pelos próprios clientes. Além disso, a demanda de componentes pode ser levantada através de um Plano Mestre de Produção (PMP), quando esta prática estiver implementada na fábrica. Estima-se como saída deste passo, uma tabela contendo o código, descrição e quantidade de pedido por dia de cada componente, assim como a necessidade de componentes gerada para a produção.

**Passo 2 – Levantar os Tempos de Processo e Setup de cada Peça:** É possível afirmar que os tempos de processo e de *setup* são fundamentais para qualquer planejamento e/ou programação da produção. Assim, para garantir a assertividade do nivelamento a ser feito é necessário que estes tempos sejam conhecidos. Em caso de dúvidas quanto as informações disponíveis, sugere-se que os tempos sejam verificados na prática. A saída deste passo seria uma tabela dos vários códigos de peças com seus respectivos tempos de processamento unitário juntamente com seu tempo de *setup*. Esta tabela deve ser atualizada a cada melhoria realizada, mantendo assim as informações compatíveis com a realidade prática da operação.

**Passo 3 – Levantar os Recursos/Roteiros Alternativos para cada Peça:** Neste caso, entende-se como recursos/roteiros alternativos a possibilidade de produzir uma peça em outras possíveis máquinas (recursos alternativos) ou segundo outro roteiro (roteiros alternativos), desde que a operação ou qualidade da peça não seja comprometida. Estima-se que este passo possibilitará o aumento da flexibilidade da operação, além de melhorar as alternativas para a realização do sequenciamento de produção. É suposto como saída deste passo uma tabela contendo os códigos de peças e suas possíveis máquinas/roteiros de processamento.

**Passo 4 – Avaliar a Divisão de Máquinas de Alto e Baixo Volume (Focalização da Produção):** Estima-se que a divisão de máquina considerando o volume produtivo proporcionará benefícios no que tange a *Lead Time* e WIP, além de facilitar o sequenciamento de produção. A proposta deste passo baseia-se na ideia de que, em estamparias, há uma grande variedade dos volumes da demanda, possibilitando a focalização de um determinado conjunto de máquinas para produzir um dado *mix* de produtos. Dessa forma, este conjunto de máquinas estariam menos sujeitas a necessidade de implementar a flexibilidade, ou seja, seriam reduzidos o número de *setups* necessários. Supõe-se que a realização desta divisão aumentará a utilização dos recursos nas máquinas de alto volumes, devido a necessidade de menos *setups*, e gerará o foco para o desenvolvimento da flexibilidade para os demais recursos. Além disso, ao processar somente lotes menores em uma máquina, presume-se que uma redução no *Lead Time* de produção devido a redução dos tempos de espera. Para a divisão da demanda entre máquinas de alto e baixo volume supõe-se o uso dos roteiros alternativos, levantado no passo anterior, e a capacidade do centro de

trabalho. O refinamento e a definição desta divisão serão realizados nos passos seguintes. Cabe ressaltar que o desenvolvimento deste passo é possível somente quando o método estiver sendo aplicado em um conjunto de máquinas.

**Passo 5 – Realizar a Análise de CxD Simulando diferentes Períodos de Nivelamento: Mês, Quinzena, Semana, Dia:** Como o nivelamento de produção pode ser feito com a avaliação de diversos períodos, sugere-se simular todas as peças nos diversos períodos possíveis. Estima-se que este passo, associando ao IROG atual da máquina, dará embasamento para a definição do período mais adequado para realizar o nivelamento da produção. Quanto maior estiver a capacidade com relação a demanda, menores períodos de nivelamento serão possíveis de serem definidos. Além disso, é sugerido que seja avaliado as possibilidades levantadas no passo anterior com relação a divisão de máquinas de altos e baixos volumes. É esperado, como saída deste passo, uma tabela com os possíveis cenários de serem implementados levando em consideração volume de demanda, tempos de *setup*, roteiros alternativos e capacidade produtiva real.

**Passo 6 – Definir o Período de Nivelamento com base no Atendimento da Demanda:** Estima-se que a definição do período para nivelamento, com base no estudo de CxD realizado no passo antecessor, proporcionará a estabilização necessária para a realização do sequenciamento de produção. O período a ser nivelado (mês, quinzena, semana ou dia) fará com que a quantidade a ser produzida seja previamente planejada e conhecida, inibindo ao máximo variações das peças a serem produzidas no período. Esta definição deve ser reavaliada periodicamente com base na melhoria do IROG, na medida em que a melhoria deste indicador tende a possibilitar a realização de melhorias no nivelamento, produzindo menores lotes associados a necessidade da estratégia produtiva e a do cliente.

**Passo 7 – Realizar o Sequenciamento de Produção com base nas Especificidades da Operação:** realizar o sequenciamento de produção é uma prática complexa que necessita do conhecimento de diversas variáveis e, adicionalmente, considerando as eventuais variabilidades existentes no sistema produtivo. Entretanto, é estimado que uma solução adequada possa ser obtida, associando o nivelamento de produção realizado nos passos anteriores e o conhecimento e visão prática dos

coordenadores, técnicos e operadores que trabalham nas diferentes máquinas e linhas. Para isto, é sugerido a realização de uma reunião diária onde este pessoal detentor do conhecimento prático, a gestão de primeiro escalão e os responsáveis pela programação da produção façam a definição final em relação a ordem/sequência em que as peças devem ser produzidas. É suposto que neste momento, embora se espere a minimização em termos de alteração da sequência previamente planejada, possa haver interferência do pessoal da operação sugerindo e alterando a ordem produtiva e, função de variações observadas de 'última hora'. Assim, as especificidades de processo como utilização de acessórios, dispositivos ou parâmetros de produção seriam consideradas e tendem a influenciar na decisão da sequência de produção.

#### 4.4.5 Implementação do *Preset*

O *Preset* visa atender as necessidades de um conjunto/grupo de máquinas com a principal função de fornecer para a produção ferramental, componentes, dispositivos e/ou acessórios em condições adequadas para produzir. Para isso, a equipe necessita desenvolver rotinas de limpeza, conferência, concerto se necessário, guarda e separação conforme requisitado pela programação de produção. Além disso, a equipe de *Preset* tem a responsabilidade de monitorar o *setup* e trabalhar, no âmbito de melhorias a nível de ferramental e acessórios, para reduzir os diferentes tempos de preparação. O setor de *Preset* realizará melhorias essencialmente no que diz respeito à qualidade do *setup*, tornando o material necessário mais assertivo, diminuindo ajustes ou consertos ao longo do *setup* e, ainda, ao longo do período produtivo.

Para a implementação do *Preset*, os seguintes passos gerais são propostos:

**Passo 1 – Formar Equipe de *Preset*:** a formação da equipe de *Preset* é um dos passos mais significativos para a sua implementação. Sugere-se que a equipe seja formada por operadores e ferramenteiros experientes com a ideia de aproveitar os seus conhecimentos tácito e prático. O número de integrantes da equipe dependerá diretamente do tamanho da estamperia em questão e da abrangência esperada da operação. A equipe formada deverá ser treinada nos passos seguintes, visando estabelecer a abrangência do trabalho a ser realizada.

**Passo 2 – Definir os Materiais que serão acondicionados no *Preset*:** de uma ótica ideal, pode-se pensar que todos os materiais que serão necessários para a produzir uma peça, exceto a matéria prima, estejam guardados na área de *preset*. Entretanto, devido a características específicas e restrições objetivas ligadas a prática, torna-se necessário definir quais materiais serão acondicionados no *preset*. Assim, neste passo a ideia consiste em definir quais serão os materiais que ficarão dentro da área de guarda do *preset* (acondicionamento de ferramentas, dispositivos de medição e componentes). A definição do material a ser acondicionado no *preset* será a base para a definição do local a ser adotado para a construção do *preset* e do *layout* a ser projetado e construído.

**Passo 3 – Definir Local Físico para o *Preset*:** a escolha do local físico para desenvolvimento do *Preset* é relevante, devendo ser considerados fatores tais como: fluxos das ferramentas e dispositivos do local de trabalho para as máquinas, fluxo de trabalho e, principalmente, aspectos associados com a sua futura com a incorporação de máquinas e linhas produtivas no atendimento. O local deve abranger áreas de limpeza, análise e conserto, guarda e preparação, além de uma área de gestão e treinamento de melhoria de *setup* para operadores. Adicionalmente, o espaço deve contar com um pequeno almoxarifado com componentes de desgaste e um painel de ferramentas.

**Passo 4 – Limpar, Reparar, Catalogar e Organizar Material a ser Acondicionado:** uma importante premissa da implantação do método de *Preset* é que o material acondicionado na área deve estar limpo, organizado e pronto para uso. Por isso, no processo de implementação, o material deve ser destinado na área de guarda, se e somente se, forem cumpridas rigorosamente todas estas etapas. A condição de uso para guarda é garantida por pequenos reparos realizados pela própria equipe de *preset* ou com reparos mais complexos que necessitam ser realizados pelo setor de ferramentaria ou área responsável para tal. Além disso, a organização é imprescindível, estando todo o material identificado e endereçado, possibilitando assim a criação de roteiros explícitos para a sua separação.

**Passo 5 – Preparar e Fornecer Material para o *Setup*:** A preparação e a separação do material para a utilização é a principal entrega do setor de *preset*. Para isto, é

essencial haver uma coordenação das ações com a programação da produção, visando proporcionar o tempo necessário e suficiente para que as atividades internas de preparação sejam realizadas. Para tal, cabe a equipe de *preset* estar em constante contato com o setor de PCP – Planejamento e Controle da Produção – e da gestão da produção, para o conhecimento prévio de eventuais problemas que acarretem alterações na programação. O fluxo e a forma de entrega devem ser acordados com a produção, respeitando assim limitações associadas com o espaço físico disponível e o manuseio das ferramentas e dispositivos.

**Passo 6 – Monitorar e Analisar o Tempo de Setup:** uma premissa que deve ser sustentada/assumida pela equipe de *preset* é que ela seja co-responsável pelo tempo de *setup*, garantindo que a melhoria contínua da operação seja desenvolvida em conjunto com o operacional. Assim, cabe a equipe de *preset* monitorar o tempo de *setup* identificando, em conjunto com o operacional, verificando cotidianamente as anomalias e propondo ações efetivas e rápidas para que sejam feitas as devidas correções e melhorias. Desta forma, a equipe de *preset* atuará de forma ativa para a redução do tempo de *setup*.

**Passo 7 – Receber, Limpar e Analisar Material antes da Guarda:** seguindo a premissa do passo 4, após o uso do ferramental, dispositivos e componentes, cabe ao *preset* receber, limpar e, como ação mais importante, analisar crítica e tecnicamente a situação em que o material se encontra. É neste momento em que o *preset* trabalhará para garantir que o material estará em plenas condições de uso para a próxima vez que for requisitado. Assim, realizar uma boa análise assegurará a efetividade e eficácia do próximo *setup* e fluxo produtivo. Neste passo, a experiência da equipe, no sentido de seu conhecimento técnico e de gestão, fará uma diferença considerável no resultado. Além disso, neste momento será levantado a necessidade de um simples reparo, realizado pelo próprio *preset*, ou de consertos mais complexos, realizado pela ferramentaria ou área responsável.

**Passo 8 – Desenvolver Controle de Vida Útil de Elementos e Componentes:** A ideia principal deste passo é, através das análises de reparos realizadas no passo anterior, desenvolver um controle da vida útil dos elementos, ferramentas ou componentes. A ideia principal deste passo é através das observações e reparos

corretivos realizados se consiga estimar o momento certo de realizar a substituição ou conserto dos elementos do ferramental e dispositivos antes mesmo de sua quebra ou defeito, garantindo assim seu perfeito funcionamento ao longo do processo produtivo. A principal saída deste passo seria uma lista contendo todos os componentes que sofrem desgaste com o uso e seu tempo de vida útil, sendo este utilizado para a sua substituição. Esta lista também gerará a necessidade de estoque destes componentes de desgaste para troca. Estima-se que este passo aumentará a confiabilidade do material utilizado para a produção contribuindo, assim, para a melhoria dos tempos de *setup* e redução da produção de refugos e retrabalhos, bem como com a redução global dos investimentos associados com o ferramental.

#### 4.4.6 Implementação Método da Troca Rápida de Ferramentas (SMED)

Uma vez implantado o método do GPT/IROG, em função das características usuais das Estamparias, é provável que os tempos totais de *setup* se constituam em um dos fatores mais significativos de parada de máquinas. É no bojo desta constatação que é necessário a adoção do método da Troca Rápida de Ferramentas (SMED), seminalmente desenvolvido por Shigeo Shingo. O método TRF, além de potencializar o aumento do IROG, é essencial no sentido de flexibilização do sistema produtivo da Estamparia. Devido a importância estratégica do Método da TRF, o método global já considera um apoio e alinhamento da alta direção da empresa com o tema em cena, que é central para o necessário envolvimento da equipe de implantação e os times operacionais envolvidos.

A seguir são apresentados os passos para a implantação do método da TRF (SMED), tendo sido acrescentados alguns tópicos específicos que fazem sentido para o caso das Estamparias.

**Passo 1 – Treinar Operadores no Método de TRF (SMED):** parte-se do pressuposto de que envolvimento do time operacional é fundamental para o processo de redução do tempo de *setup*, uma vez que são os profissionais que compõe este time que executará as atividades em si e que serão responsáveis por parte considerável pela geração de ideias e suas implantação nas diferentes máquinas. Neste sentido, os profissionais do time operacional necessitam possuir um conhecimento aprofundado no método de TRF (SMED). A ideia é que os treinamentos e capacitações seja

realizado pela equipe responsável pela implantação do método de TFR e que sejam esclarecidos, além dos passos lógicos que constituem o método, os conceitos de tempo de *setup*, *setup* interno e externo, *setup* estendido, anomalias de *setup*, além de aspectos técnicos essenciais associados com as regulagens necessárias e que dependem de características específicas das máquinas e do ferramental envolvido. Como saída esperada deste passo, espera-se que o time operacional tenha o adequado conhecimento técnico associado com os elementos necessários para a tempo de *setup*, facilitando assim o desenvolvimento dos próximos passos e a melhoria contínua da operação.

**Passo 2 – Realizar Filmagem da Situação Atual do Setup:** uma vez que os profissionais do time operacional detenham o conhecimento necessário, o passo seguinte no intuito de buscar a redução do tempo de *setup* consiste na avaliação da situação atual. Para isto, é proposto que seja realizado um *setup*, nas condições atuais, filmando-o em detalhes para a realização de uma avaliação e crítica posterior. Além da filmagem, observações e apontamentos específicos devem ser realizados pelo time implementador, para auxiliar no processo de avaliação críticas das melhorias a serem realizadas.

**Passo 3 – Analisar e Identificar Operações que Independem da Máquina:** Com o *setup* realizado nas condições atuais filmado e observado pelo time implementador os times operacional e de implantação devem participar juntos de maneira a buscar uma análise da operação sob o ponto de vista prático e teórico. A ideia é listar detalhadamente todas as atividades realizadas na operação de troca de ferramentas e avaliar quais as atividades que podem ser realizadas independentemente da máquina, classificando-as como atividades de *setup* externo. A saída esperada deste passo é uma lista das atividades envolvidas no *setup* com sua respectiva classificação quanto a *setup* externo ou *setup* interno.

**Passo 4 – Distribuir Operações que Dependem da Máquina entre Operadores:** Estando as operações do *setup* classificadas entre externas e internas, o próximo passo é destinado a distribuição das operações internas entre os operadores. A principal ideia deste passo é o nivelamento das atividades entre os operadores no que diz respeito aos tempos de execução das diferentes atividades de *setup* interno. Para

tornar o melhor possível a divisão de trabalho entre os operadores deve ser considerada a complexidade inerente das atividades, deixando as operações chave do *setup*, como regulagens, inserção de parâmetros, medição e aprovação de peças, para os operadores mais qualificados e experientes. Assim, a expectativa é que a saída deste passo seja uma lista das atividades internas, com os métodos de trabalho definidos (operação-padrão) e os tempos de duração determinados, sendo os operadores designados para a execução das operações-padrão definidas.

**Passo 5 – Executar *Setup* Projetado:** Estando o *setup* projetado nos passos 2, 3 e 4, o mesmo deve ser testado para provar a sua efetividade. Para isto, propõe-se que o time operacional deve realizar as atividades desenvolvidas e niveladas no passo 4 quantas vezes for preciso para que todos os profissionais envolvidos estejam suficientemente treinados nos métodos previamente definidos. Ademais, é proposto que os passos 2, 3 e 4 sejam realizados, de maneira cíclica, para maximizar a redução do tempo de *setup*. Supõe-se que ao final deste passo se tenha uma boa solução para a operação de *setup*, mesmo que melhorias futuras sejam possíveis e necessárias de serem exploradas a partir de uma perspectiva de melhorias contínuas.

**Passo 6 – Criar Padrão de *Setup*:** Através da avaliação, execução e melhorias realizadas nos passos anteriores para a operação de *setup* torna-se possível o desenvolvimento do padrão P0 para esta atividade. A proposta é a elaboração de um documento que contenha: a identificação e disposição dos operadores na máquina; a listagem, em ordem cronológica, das atividades de *setup*; as ferramentas manuais necessárias para cada atividade e sua disposição na máquina; as atividades do *setup* externa com o seu respectivo responsável de execução (algumas atividades podem ser destinadas ao time de *preset*); o local da disposição dos materiais (ferramentas e dispositivos) em torno da máquina; observações e alertas que podem ser necessários para o time operacional. Enquanto saída para este passo deve ser gerado um documento claro e autoexplicativo para o time operacional. Este mesmo documento será utilizado como base para as futuras auditorias do método, bem como para a elaboração de melhorias contínuas para cada uma das máquinas.

**Passo 7 – Criar Lista de Parâmetros, Configurações e Ajustes de Máquina por Ferramenta:** Com a intenção da evolução da redução do tempo de *setup* é proposto

a criação de uma lista com os parâmetros, configurações de montagem e regulagens necessárias na operação de *setup*. É estimado que o conhecimento adquirido por esta lista proporcionará informações que: i) facilitarão o sequenciamento de produção, identificando fatores que podem gerar dependência entre *setups*; ii) reduzirão o tempo de *setup* interno, através da tabulação de parâmetros e regulagens; iii) proporcionarão a equipe de *preset* assertividade nos ajustes, reduzindo a necessidade desta atividade na máquina.

**Passo 8 – Buscar Simplificação de todos os Aspectos do Setup:** Este passo é a garantia da continuidade da melhoria contínua da redução de tempo da operação de *setup*. Os times operacional, gestão e de *preset* devem trabalhar continuamente, avaliando, criticando e propondo melhorias para a redução do tempo de cada uma das atividades de *setup*. É possível afirmar que quanto menor o tempo de *setup* maior a flexibilidade, sem alteração nos custos produtivos. A saída proposta para este passo é o constante monitoramento, análise e prospecção de ações para a melhoria da operação de *setup* como um todo. Para isto, como já citado no passo 6 da etapa de Implementação do *Preset*, é proposto que o time de *preset* seja o responsável, puxando planos de ações para correção de anomalias e/ou melhorar operações existentes.

## 5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM UM CENÁRIO REAL DE UMA ESTAMPARIA

Este capítulo é destinado a avaliação do método proposto, quando aplicado em uma estamparia usual. Inicialmente é feita a descrição do contexto de aplicação - a estamparia. Em seguida, é explicitada a aplicação do método, evidenciando as suas etapas e passos. Finalmente, são apresentados e discutidos criticamente os resultados obtidos.

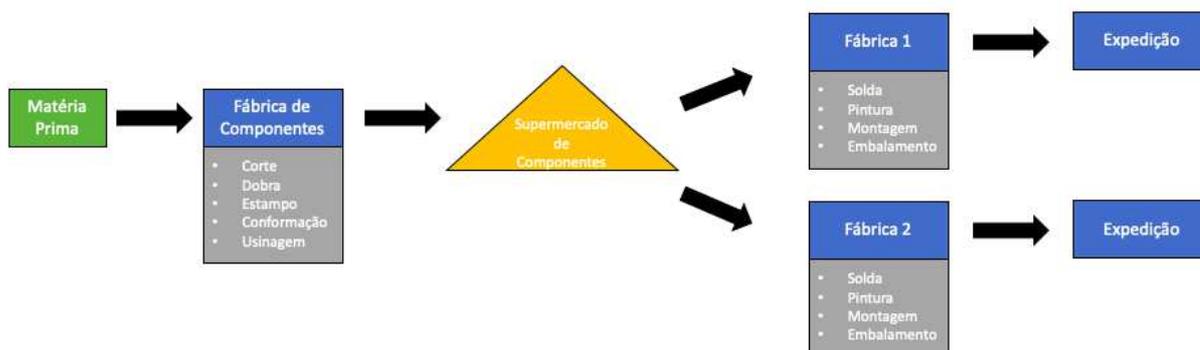
### 5.1 Contexto de aplicação

O método proposto foi aplicado na metalúrgica Bruning Tecnometal situada na cidade de Panambi da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. A empresa, fundada em 1947, inicialmente dedicava-se à manutenção de equipamentos agrícolas importados. Na sequência, nos anos seguintes, dedicou-se à construção de pequenas máquinas agrícolas e de beneficiamento de madeiras.

Com a nacionalização de colheitadeiras automotrizes, em 1967, a empresa começa a produção seriada de componentes para as máquinas de colheita de grãos. Com o passar dos anos, empresa ampliou sua abrangência no fornecimento de componentes para o mercado agrícola - peças para tratores. Posteriormente, no ano de 1988 passou a atuar no mercado rodoviário através do fornecimento de peças estruturais. Após alguns anos, a empresa passa por uma estruturação de seu parque fabril para ampliar sua atuação no segmento automotivo, em 1995, com o fornecimento de peças para a *General Motors*, e no segmento construção, em 2012, com o fornecimento para a *Caterpillar*. Atualmente, a empresa possui cerca de 2300 funcionários.

O setor produtivo da empresa é dividido, basicamente, em 3 grandes fábricas: Fábrica 1; Fábrica 2; Fábrica de Componentes – Figura 25.

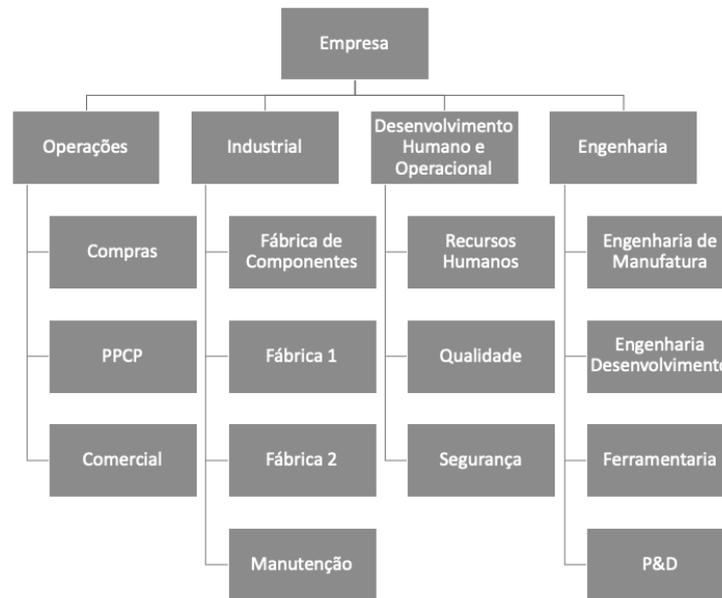
Figura 25 - Fluxo produtivo macro da empresa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada fábrica possui um gerente responsável com um time específico de supervisores e líderes de produção. A Fábrica 1 é responsável por soldar e pintar conjuntos para todos os segmentos em que a empresa atua, com exceção do segmento de construção. Já a Fábrica 2 é responsável pela produção de componentes, solda e pintura de todo o segmento Construção, além de executar algumas operações de pintura e montagem para o segmento Rodoviário e Agrícola. Com relação a Fábrica de Componentes, ela é responsável pela produção da maioria dos componentes que serão utilizados para a produção de conjuntos, além de peças singelas que são enviadas diretamente aos clientes, ou seja, não necessitando de processos posteriores de solda ou pintura. Nesta fábrica são executadas operações de corte, dobra, usinagem, estampo e conformação. Portanto, é nesta fábrica que está situada a estamparia em que o método proposto será aplicado. Além de setores produtivos, a empresa possui setores de Recursos Humanos, Qualidade, Tecnologia da Informação, Engenharia de Manufatura, Engenharia de Desenvolvimento e Pesquisa, Desenvolvimento e Manutenção – Figura 26.

Figura 26 - Estrutura da empresa Bruning Tecnometal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto da estrutura organizacional da empresa há um setor de ferramentaria responsável pelo projeto e construção de ferramentas, dispositivos e gabaritos para todas as operações de produção.

Com relação a hierarquia de gestão – Figura 27, a empresa possui a presidência, seguido de um nível de direção, gerência, supervisão e liderança de fábrica. A divisão destes níveis de gestão segue a mesma lógica da estrutura da empresa – Figura 26.

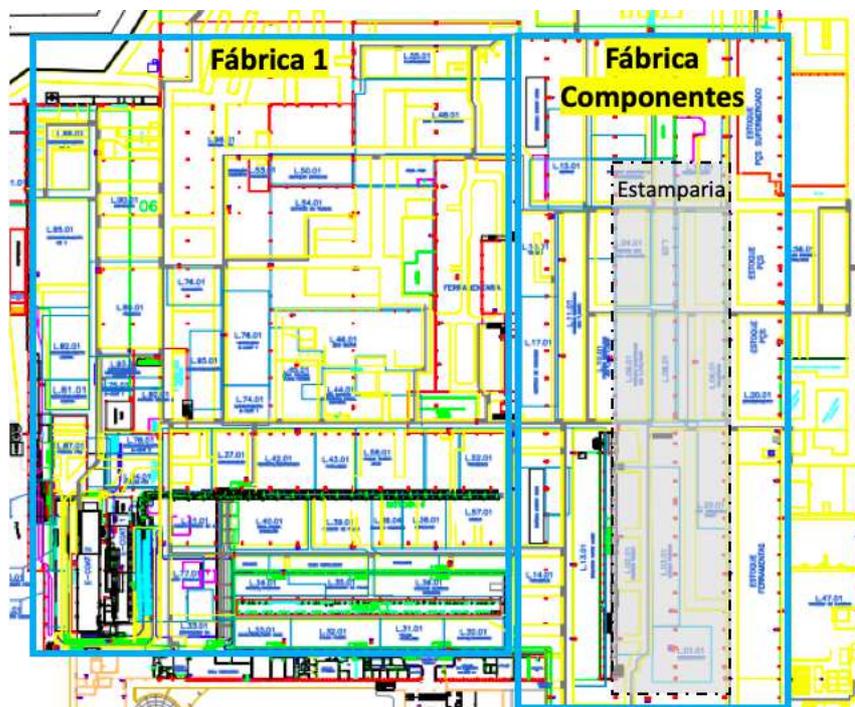
Figura 27 - Hierarquia de gestão da empresa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 28 apresenta o setor de estamparia – Figura 28.

Figura 28 - Layout da fábrica com localização da estamparia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A estamparia conta com 48 prensas com uma variação de capacidade de conformação e/ou estampo de 80 a 1200 toneladas, sendo composta por prensas hidráulicas e excêntricas. As prensas estão divididas em 9 linhas produtivas, caracterizadas por layouts funcionais. Além disso, a estamparia da empresa realiza operações em linha, onde várias prensas são envolvidas para a produção de uma única peça, individual, onde somente uma prensa executa a operação de maneira independente, e em prensas do tipo *Transfers*, onde vários estágios de conformação e estampo são realizados na mesma ferramenta com o avanço realizado por um sistema automatizado de transferência. Para este último tipo de processo, a estamparia da empresa possui 5 prensas do tipo *Transfer*. Atualmente a estamparia conta com cerca de 249 pessoas distribuídas em 3 turnos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição de máquinas, turnos e colaboradores atual da estamperia.

| Linha | Número de<br>pensas<br>excêntricas | Número de<br>pensas<br>hidráulicas | Número de<br>turnos<br>produtivos | Número de<br>colaboradores | Número de<br>gestores<br>(liderança) | Número de<br>gestores<br>(supervisor) |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | 3                                  | 0                                  | 3                                 | 21                         | 2                                    |                                       |
| 2     | 4                                  | 0                                  | 3                                 | 56                         | 3                                    | 2                                     |
| 3     | 8                                  | 0                                  | 2                                 | 52                         | 2                                    |                                       |
| 4     | 5                                  | 4                                  | 2                                 | 19                         | 2                                    |                                       |
| 5     | 6                                  | 0                                  | 1                                 | 14                         | 1                                    |                                       |
| 8     | 4                                  | 0                                  | 2                                 | 22                         | 2                                    |                                       |
| 9     | 4                                  | 0                                  | 2                                 | 13                         | 2                                    | 2                                     |
| 10    | 0                                  | 5                                  | 2                                 | 21                         | 2                                    |                                       |
| 11    | 0                                  | 5                                  | 2                                 | 31                         | 2                                    |                                       |
| Total | 34                                 | 14                                 | 19                                | 249                        | 18                                   | 4                                     |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação a medição da eficiência produtiva, o setor de estamperia da empresa possui um sistema do tipo MES – *Manufacturing Execution Systems* – que torna possível a coleta de dados para formação do indicador OEE de maneira contínua e automática.

De maneira geral, a empresa buscou nos últimos anos programas de melhorias de produtividade baseadas na metodologia *Lean* através de projetos realizados em suas linhas de produção. Para isto, a empresa possui um setor específico de excelência operacional.

Analisando a estamperia quanto a sua capacidade produtiva *versus* demanda é constatado que as prensas se encontram com uma operação abaixo da sua capacidade, pois das 48 prensas apenas 5 estariam produzindo em 3 turnos. Entretanto, também é possível contatar que a grande maioria das linhas estão produzindo em dois turnos. Assim, é possível afirmar que o gargalo da estamperia estaria no mercado. Neste contexto, as oportunidades de aplicação do método proposto estariam relacionadas a:

- Promoção da redução de custos através da diminuição de turnos produtivos ocasionado pelo aumento da utilização de recursos. A redução de turnos produtivos pode acarretar uma redução de mão de obra direta e indireta, se forem reduzidas as necessidades de áreas que prestam apoio ao produtivo;
- Ampliação da capacidade produtiva geral da estamperia possibilitando o aumento de mercado da empresa através de novos negócios sem a necessidade de aquisição de novas prensas, estas que possuem custos

significativos de compra e instalação. Esta oportunidade fica ainda mais clara nas prensas que atualmente já estariam em 3 turnos produtivos;

- Expansão da flexibilidade produtiva tornando a estamparia mais ágil na resposta de alterações na demanda do cliente. Este fato torna-se importante devido a estamparia da empresa fornecer um variado número de componentes para os segmentos rodoviário, automotivo, construção e agrícola, atendendo a demandas internas, de processos posteriores como solda, e externas, através da entrega de peças singelas.

Assim sendo, neste contexto de aplicação, o método proposto pode gerar melhoria significativa para o setor e empresa.

## **5.2 Aplicação do método proposto**

A seguir é apresentada a aplicação do método M0 na estamparia.

### **5.2.1 Envolvimento da alta gestão**

O envolvimento da alta gestão teve início em uma reunião onde participaram o gerente da estamparia juntamente com o gerente de qualidade e melhoria, diretor de manufatura, diretor de operações e diretor de desenvolvimento humano e operacional. Nesta reunião, o gerente responsável pela estamparia mostrou uma análise C x D que apontava para a necessidade do aumento de turnos produtivos devido a um acréscimo da demanda gerado por um novo pacote de peças que a empresa iria começar a fornecer para o segmento automotivo. Este novo pacote era caracterizado por uma maior variedade de peças quando comparado com o pacote de peças que estava sendo substituído. Assim, nesta reunião foi levantado a importância de aumentar a flexibilidade das linhas que produziriam estas peças, pois caso contrário o atendimento da demanda seria feito com dificuldade, tendendo a acarretar um aumento significativo de custos associado com a necessidade de acréscimo de turnos.

Nesta reunião tornou-se claro a necessidade que esta linha produtiva possuía para, primeiramente, atender a demanda e, posteriormente, melhorar a sua flexibilidade e reduzir seu custo com a retirada de turnos produtivos. Assim, ficou definido a dedicação de uma equipe exclusiva para implementar as melhorias necessárias para que estes objetivos pudessem ser alcançados.

Outra importante decisão tomada nesta reunião foi a contratação de uma consultoria para suportar o desenvolvimento conceitual e auxílio técnico para o desenvolvimento da equipe de melhoria dedicada. O processo de seleção e contratação desta consultoria ficou sob responsabilidade do gerente de qualidade e melhoria.

Cabe ressaltar que o apoio da alta direção para o desenvolvimento do projeto foi absoluto, tornando a implementação do método proposto importante perante toda a organização. Assim, o desenvolvimento dos passos do método foi realizado da seguinte maneira:

### **Passo 1 – Definir escopo de melhoria**

Em função da necessidade levantada devido ao novo pacote de peças para o setor automotivo foi definido que a linha que iria fabricar estas peças seria o objeto onde seria implementado o método M0. Neste contexto, o escopo geral para a implementação do método foi elaborado – Quadro 13.

Quadro 13 - Escopo definido pela gestão para implementação do método.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Área de Implementação</b> | Linha 2 – Linha que contém 4 prensas <i>transfers</i> e que será responsável pela produção do novo pacote de peças do segmento automotivo.                           |
| <b>Objetivo Geral</b>        | Atendimento da demanda mantendo o custo produtivo (2 turnos produtivos)  |
| <b>Objetivo Específicos</b>  | Aumentar o OEE para cerca de 60%   |
|                              | Formar uma equipe técnica para expandir o método.  |
|                              | Formar equipe de Líderes e Supervisores no método.   |
|                              | Reduzir lotes produtivos para atendimento de demanda de somente uma semana para a maioria das peças produzidas na linha.   |
| <b>Visão de longo prazo</b>  | Aplicar o método em todas as máquinas da estamparia, propondo o aumento da flexibilidade e a redução de custos através da retirada de turnos e redução dos estoques. |

Fonte: Elaborado pela gerência e supervisão da estamparia.

A validação do escopo ocorreu em outra reunião que contou com a participação da gerência da estamparia juntamente com a gerência de qualidade e melhoria, direção de manufatura e direção de operações – Foto 4.

Foto 4 - Reunião de validação do escopo.



Fonte: Arquivo da empresa.

Neste ponto, é importante ressaltar que através de análises prévias de capacidade *versus* demanda, foi visto que para atender a demanda do novo pacote de peças a linha necessitaria de um terceiro turno para todas as 4 máquinas. Anteriormente, estava sendo utilizado apenas 2 máquinas em 3 turnos. Esta análise foi feita com base no IROG médio que a linha estava apresentando nos últimos 3 meses.

## **Passo 2 – Definir Metas**

Através dos objetivos e metas finais definidos do escopo, a definição das metas graduais foi calculada, por decisão da gestão da estamperia, tendo como base os valores de IROG que atenderia a demanda do cliente, já que este foi um dos principais objetivos estabelecidos no escopo. Estes valores foram definidos tendo como base as 4 máquinas que a linha possui, estando todas elas operando em 3 turnos produtivos. Como o valor de IROG estabelecido no escopo do projeto é de 60%, foi definido uma escala gradual para que este objetivo seja atendido. Inicialmente, foi proposto um critério da distribuição com um incremento linear entre os meses de Janeiro à Setembro do ano de 2020 – Tabela 3.

Tabela 3 - Progressão de metas de IROG para a implementação do método.

| Local  | Centro Trabalho | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai   | Junho | Julho | Agosto | Setembro |
|--|-----------------|---------|-----------|-------|-------|---|-------|-------|--------|----------|
| Linha 2  | <b>3621</b>     | 40%     | 43%       | 45%   | 48%   | 50%   | 53%   | 55%   | 57%    | 60%      |
|  | <b>3213</b>     | 30%     | 35%       | 37%   | 40%   | 44%   | 48%   | 52%   | 56%    | 60%      |
|  | <b>3280</b>     | 30%     | 35%       | 37%   | 40%   | 44%   | 48%   | 52%   | 56%    | 60%      |
|  | <b>3610</b>     | 30%     | 35%       | 37%   | 40%   | 44%   | 48%   | 52%   | 56%    | 60%      |
| Progressão da meta calculada com base na demanda e com 3 turnos produtivos |                 |         |           |       |       | Progressão da meta com base no valor estabelecido no escopo |       |       |        |          |

Fonte: Elaborado pela supervisão da estamparia.

Os valores de IROG estabelecidos com base nos dois critérios foi validado na mesma reunião de validação do escopo já citada. Além disso, foi elaborado um cronograma de planejamento para a implementação método - Quadro 14.

Quadro 14 - Cronograma elaborado para a implementação do método proposto.

| Método   | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|--|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
|  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |  |  |
| Envolvimento da alta gestão                            | ■       | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Desenvolvimento do escopo                              | ■       | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Implementação do GPT                                   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Implementação do Heijunka e sequenciamento de produção |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Implementação do Preset                                |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Implementação da Troca Rápida de Ferramentas (SMED)    |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |

Fonte: Arquivo da empresa.

## 5.2.2 Desenvolvimento do escopo

Tendo o escopo validado com a alta gestão da empresa, o próximo passo, de desenvolvimento do escopo, foi aplicado. Nesta etapa, houve a participação ativa da gerência e supervisão responsável pela melhoria contínua da empresa juntamente com a gerência e supervisão da estamparia, realizando uma série de reuniões para o desenvolvimento dos passos propostos pelo método.

### Passo 1 – Definir equipe de implementação

Para a definição da equipe de implementação, foi realizada uma reunião com a gerência da engenharia, manutenção, melhoria contínua e estamparia, onde foi requisitado que especialistas em cada uma destas áreas fossem destinados exclusivamente para o projeto. Após alguns dias, as pessoas foram definidas – Quadro 15.

Quadro 15 - Equipe de especialistas destinada para implementação do método.

| Área            | Cargo               | Tempo de empresa |
|-----------------|---------------------|------------------|
| Ferramentaria   | Projetista          | 20 anos          |
| Eng. Manufatura | Analista            | 25 anos          |
| Melhoria        | Analista            | 7 anos           |
| Produção        | Operador III        | 7 anos           |
| Produção        | Técnico de Produção | 1 ano            |
| Produção        | Líder de Produção   | 13 anos          |
| Produção        | Supervisor          | 17 anos          |
| Consultoria     | Consultor           | 32 anos          |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para uma integração da equipe e conhecimento do contexto em que o projeto se encontrava, foi feita uma reunião com todos os participantes, contando também com a presença de consultor da consultoria escolhida para auxiliar na implementação do método – Foto 5.

Foto 5 - Equipe implementadora na reunião de integração.



Fonte: Arquivo da empresa.

Com a definição da equipe, o próximo passo do método proposto pode ser dado.

## **Passo 2 – Treinar/Capacitar a equipe**

O treinamento/capacitação da equipe foi realizado por um consultor com experiência no tema – Foto 6.

Foto 6 - Equipe em treinamento conceitual e prático.



Fonte: Arquivo da empresa.

Como estratégia para haver um maior entendimento e consolidação não foram abordados todos os conceitos relacionados ao método no mesmo período. Primeiramente, o treinamento focou no objetivo de proporcionar a equipe uma visão mais abrangente, abordando conceitos, teorias, métodos e técnicas tais como: Mecanismos da Função Produção; Perdas na Produção; TOC; GPT; IROG. Para tratar destes primeiros temas foram utilizadas cerca de 32 horas, envolvendo treinamento teórico e prático para garantir o entendimento do conceito, bem como sua aplicação. Já com relação aos tópicos que tratam do *Heijunka*, SMED e *Preset* ficou acordado, para fim da obtenção de maior eficácia na capacitação/treinamento, que estes seriam abordados em momento imediatamente antes de sua aplicação. Assim sendo, este treinamento ocorreu em outros dois momentos, imediatamente antes de iniciar a etapa de implementação de cada um dos tópicos, totalizando mais 32 horas de treinamento.

### Passo 3 – Escolher máquina(s) para projeto piloto

Como já relatado, o escopo de implementação do método, a partir da análise de CXD, apontou para 4 máquinas cuja demanda estava próxima da capacidade e com possibilidades reais de se tornarem gargalos no contexto do sistema produtivo. Assim, estas máquinas foram as escolhidas para a implementação do método – Quadro 16.

Quadro 16 - Características das prensas escolhidas para implementação do método.

| Centro Trabalho | Prensa     | Capacidade | Tipo     | Número de Operadores |
|-----------------|------------|------------|----------|----------------------|
| 3621            | Excêntrica | 630        | Transfer | 4                    |
| 3213            | Excêntrica | 630        | Transfer | 4                    |
| 3280            | Excêntrica | 630        | Transfer | 4                    |
| 3610            | Excêntrica | 1200       | Transfer | 4                    |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, buscando um maior foco e aprendizado da equipe implementadora foi escolhido uma prensa onde, primeiramente, todas as próximas etapas e passos, do método proposto, seriam aplicados. A escolha desta prensa seguiu os seguintes critérios, a saber: i) nível de qualificação e comprometimento dos operadores, favorecendo assim decisões técnicas e a criação de padrões; ii) menor número de peças novas a serem produzidas, o que facilita a estabilização de produção – menos tempo de adaptação do ferramental. Neste contexto, a prensa escolhida foi o centro de trabalho 3280, conforme destacado em negrito no Quadro 16. Com a prensa piloto escolhida, partiu-se para a próxima etapa da implantação.

### 5.2.3 Implementação da Gestão do Posto de Trabalho

Com a equipe implementadora formada e treinada somada a definição das máquinas e escolha da máquina para projeto piloto, a etapa de implementação da Gestão do Posto de Trabalho pode ser iniciada. Esta etapa marca o início do envolvimento do pessoal do operacional e que será fundamental para o atingimento da melhoria a ser alcançada pela implementação do método proposto.

Assim, os passos para esta etapa foram desenvolvidos da seguinte maneira:

#### **Passo 1 – Aplicar 5S no Posto de Trabalho**

A empresa em questão não possuía nenhum programa institucionalizado para o desenvolvimento da metodologia 5S na empresa – Foto 7.

Foto 7 – Fotos com a situação ao redor da máquina piloto anteriormente a aplicação do 5S.



Fonte: Arquivo da empresa.

Neste contexto, o 5S foi aplicado, primeiramente, na máquina piloto destinando um membro da equipe implementadora como responsável pela implementação. A estratégia desenvolvida para aplicação do 5S no posto de trabalho piloto foi: i) treinamento dos operadores e líderes no conceito do 5S; ii) escolha de um dia onde os operadores, juntamente com a equipe implementadora, primeiramente identificaram o material necessário de estar em torno da máquina, para logo em seguida organizá-lo e limpá-lo. Além disso, neste dia foi demarcado e identificado o local para todo o fluxo de entrada e saída de material que a máquina realiza – Foto 8.

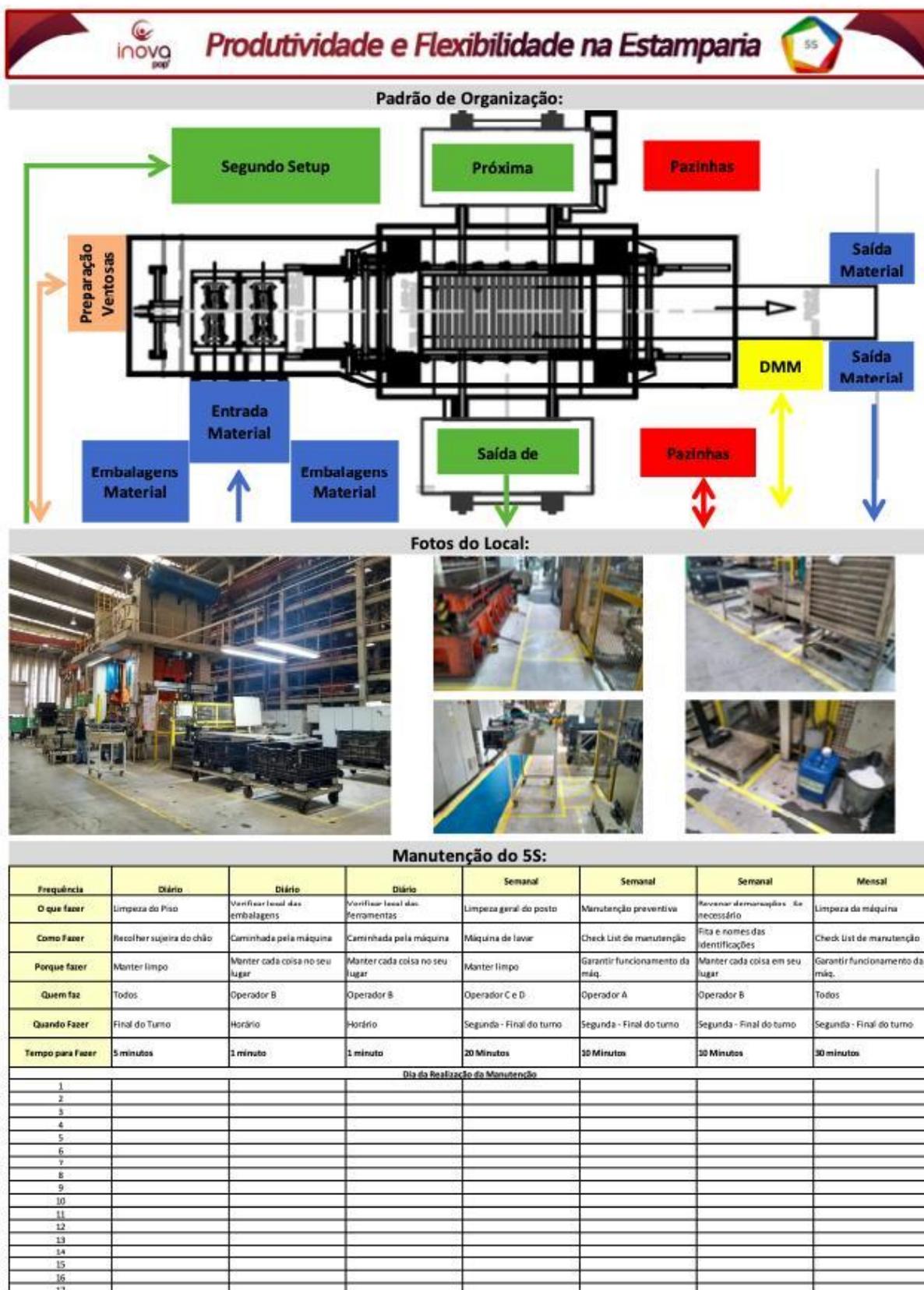
Foto 8 - Fotos do resultado da intervenção 5S realizada na máquina piloto.



Fonte: Arquivo da empresa.

Outra saída da intervenção 5S realizada na máquina piloto foi a criação de um documento para descrever o padrão implementado e servir de base para a expansão deste passo nas outras máquinas – Figura 29.

Figura 29 - Padrão 5S criado pela empresa.



Fonte: Arquivo da empresa.

A criação deste documento também teve o objetivo de permitir a realização de auditorias para verificar se a organização, disposição e identificação estejam conforme padrão definido.

Após a aplicação do 5S na máquina piloto, o método foi aplicado nas outras máquinas determinadas para a implementação do método proposto. Esta aplicação seguiu a mesma lógica realizada na máquina piloto, tomando como base o padrão de 5S estabelecido (Figura 29).

### **Passo 2 – Definir Tipologia de Paradas e a Coleta de Dados**

Buscando uma maior assertividade na definição da tipologia de paradas que seria clara para o operacional e ao mesmo tempo proporcionasse objetividade para a análise, a consultoria, que apoiava a implementação do método, propôs que primeiramente fosse aplicado um Diário de Bordo (DB) onde os operadores anotassem toda e qualquer problema que estava ocorrendo na máquina com o respectivo tempo de parada gerado. A ideia é gerar envolvimento dos operadores com uma compreensão o mais profunda possível das causas de paradas e, adicionalmente, verificar a correção dos motivos de parada. Esta estratégia foi utilizada por um período de 30 dias. Neste período, os Diários de Bordo (DB) eram analisados diariamente e as paradas identificadas pelos operadores eram lançadas em uma planilha eletrônica – Figura 30.

Figura 30 - Imagem da planilha de tipologia de paradas criada.

| CÓD. PARADA | DESCRIÇÃO DA PARADA                |
|-------------|------------------------------------|
| 7           | MANUTENÇÃO CORRETIVA FERRAMENTARIA |
| 900         | SETUP                              |
| 305         | AJUSTES DAS PAZINHAS               |
| 100         | ABASTECIMENTO DE MÁQUINA           |
| 373         | AJUSTE NO EMPILHAMENTO             |
| 170         | PROBLEMAS RELATIVOS A QUALIDADE    |
| 304         | AJUSTE DE VENTOSAS                 |
| 252         | LANCHE                             |
| 176         | REUNIÃO                            |
| 135         | LIMPAR EXCESSO DE CAVACO           |
| 259         | AJUSTE DO SENSOR                   |
| 269         | MONITORAMENTO DE PEÇA              |
| 174         | REPOR ÓLEO OU ÁGUA                 |
| 154         | PEÇA FORA DE POSIÇÃO               |
| 454         | GINÁSTICA LABORAL                  |
| 8           | MANUTENÇÃO CORRETIVA AUTOMAÇÃO     |
| 313         | TROCA DE RASTREABILIDADE           |
| 190         | MANUTENÇÃO CORRETIVA MAQUINA       |
| 912         | REVERTER MOTOR                     |
| 222         | FALTA DE OPERADOR                  |
| 310         | ALARME DE SOBRECARGA               |
| 246         | TROCA DE EMBALAGENS                |
| 123         | ESTEIRA PARADA                     |
| 192         | LUBRIFICAÇÃO DA MAQUINA            |
| 194         | MANUTENÇÃO AUTÔNOMA(MRO)           |
| 104         | MATERIAL NÃO DISPONIVEL - INSUMO   |
| 991         | REINICIAR MAQUINA                  |
| 271         | FALHA NO SISTEMA CODI              |
| 263         | AGUARDANDO EMPILHadeira            |
| 180         | TREINAMENTO/PALESTRA/CURSO         |
| 930         | LIMPEZA / ORGANIZAÇÃO 5S's         |
| 126         | FALTA DE EMBALAGENS                |
| 264         | AGUARDANDO PONTE ROLANTE           |
| 909         | REGULAGEM DE MÁQUINA               |
| 117         | DESLOCAMENTO DO OPERADOR           |
| 105         | CONSULTA ORDEM PROD./ROTEIRO       |
| 278         | AGUARDANDO LIDER                   |
| 308         | GUARDAR PEÇAS                      |

Fonte: Arquivos da empresa.

Ao final do período de uso do Diário de Bordo (DB), através da análise de paradas, uma tipologia de paradas foi proposta e cadastrada no sistema do tipo MES que a empresa possuía, denominado CODI. Assim, a definição deste passo foi: uma lista de paradas, com a coleta de dados sendo realizada no sistema CODI. Com isto, este mesmo sistema permite a visualização do IROG em tempo real ou, ainda, em qualquer período desejado – Figura 31.

Figura 31 - Imagem da tela de visualização do software CODI.



Fonte: Arquivo da empresa.

Com relação ao uso do sistema CODI, cabe destacar que este sistema apresentava alguns erros conceituais na sua sistemática de cálculo. Cabe destacar que estes erros foram identificados devido ao uso do registro manual do Diário de Bordo, onde os valores calculados com base na planilha eletrônica e os obtidos pelo sistema eram consideravelmente diferentes. Assim, para uso do sistema CODI foram necessárias algumas modificações de cadastro e configurações para corrigi-lo e torná-lo conforme com o cálculo via planilha eletrônica.

### **Passo 3 – Treinar os Operadores no Registro das Paradas e no IROG**

O treinamento dos operadores para o registro de paradas foi feito em dois momentos. O primeiro momento referiu-se à utilização do Diário de Bordo (DB). Já o segundo momento foi após a tipologia e a forma de coleta de dados via CODI estarem definidas – Foto 9.

Foto 9 - Treinamento sendo realizado com o time operacional.



Fonte: Arquivo da empresa.

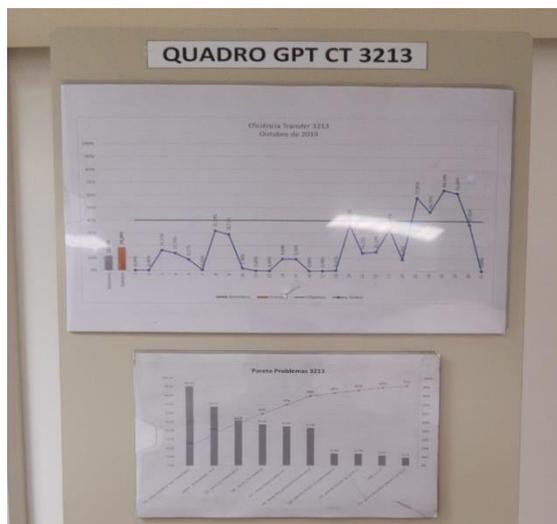
Em ambos os momentos de treinamento realizado, foram abordados conceitos de IROG, objetivos e metas da implementação, além da importância da confiabilidade/acuracidade dos dados com a explicação do fluxo de análise e solução de problemas que eles alimentavam. Além disso, foi realizado um acompanhamento, ao longo da primeira semana de cada momento, pela equipe implementadora em todos os turnos produtivos, buscando assertividade no lançamento dos dados. Houve acompanhamento da liderança e supervisão da linha em todos os momentos associados com o trabalho em cena.

A garantia do correto registro dos motivos de paradas foi um passo que desprende significativa energia por parte do time de implementação do método, sendo necessários várias intervenções e recorrência em termos de (re) treinamentos. A cada inconsistência identificada nas análises realizadas no Pareto, demandavam novo treinamento específico em relação ao erro constatado.

#### **Passo 4 – Implementar Gestão à Vista/Gestão Visual**

A implementação da gestão à vista foi feita através da criação de um painel ao lado de cada máquina onde a gestão do posto de trabalho estava sendo implementada – Foto 10.

Foto 10 - Painel colocado em cada máquina contendo o IROG diário e o pareto semanal de motivo de paradas.



Fonte: Arquivo da empresa.

O painel continha informações relativas ao IROG, que era atualizado diariamente e, também, do pareto de paradas da última semana. Com relação aos planos de ações que buscavam o aumento de IROG, estes também foram dispostos em forma de gestão à vista – Foto 11.

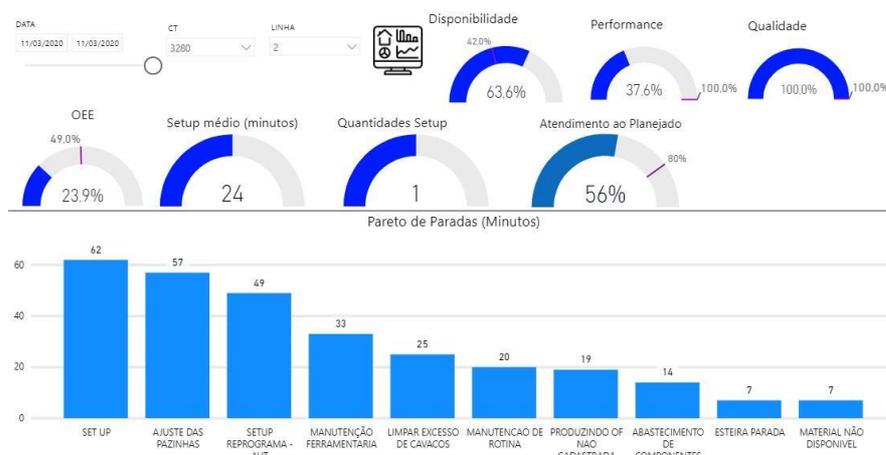
Foto 11 - Painéis com os planos de ação referentes a Gestão do Posto de Trabalho.



Fonte: Arquivo da empresa.

A empresa optou pela lógica da gestão à vista dos Planos de Ação (PA's) propostos tendo em vista a necessidade de facilitar e tornar mais ágil e direta as rotinas de reuniões. Para aumentar a abrangência da informação, principalmente para reforçar a participação de todos os níveis da empresa, foi criado um painel de indicadores em um *software* de BI – *Business Intelligence* – Figura 32.

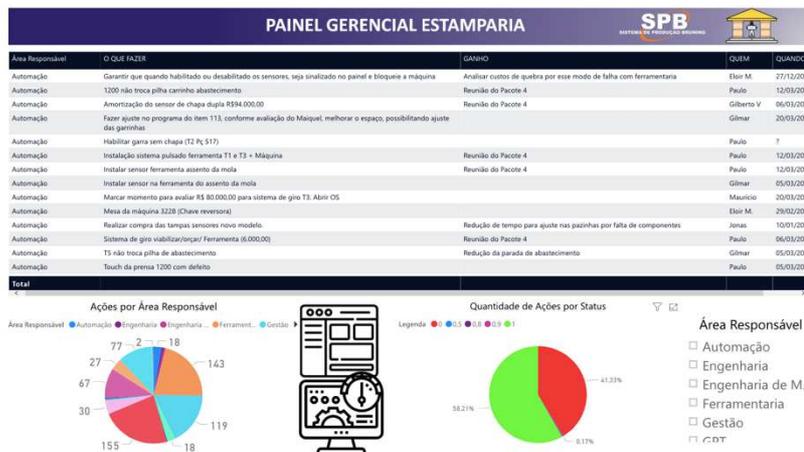
Figura 32 - Painel de gestão online criado pela empresa (Indicadores).



Fonte: Arquivo da empresa.

Este painel possuía atualização diária e permitia a visualização do valor de IROG com seus respectivos fatores (Disponibilidade, Performance e Performance de Qualidade), Pareto de paradas e ainda os respectivos planos de ações – Figura 33.

Figura 33 - Painel de gestão online criado pela empresa (Planos de Ação).



Fonte: Arquivo da empresa.

A gestão à vista implementada, somada ao painel de gestão online criado, facilitaram a visualização do resultado em todos os níveis da empresa.

## Passo 5 – Implementar Rotina de Reuniões

A rotina de reuniões foi implementada conforme o avanço dos passos da Gestão do Posto de Trabalho (GPT). A primeira reunião a ser implementada foi a diária entre líder e Operador que, inicialmente, teve o supervisor participando para buscar a

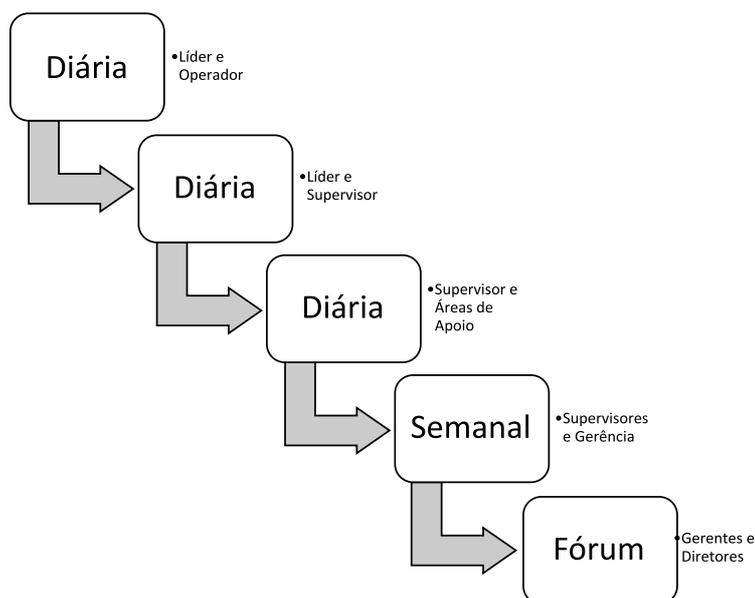
adesão ao método. Em um segundo momento foi implementada a reunião diária entre liderança e supervisão. Na segunda semana de implementação da rotina de reuniões diárias aconteceu a primeira reunião semanal entre supervisores, contemplando a supervisão das áreas de apoio, buscando a análise sistemática do Pareto de paradas construído com base nos dados levantados pelo Diário de Bordo.

Ao longo das semanas, com a realização das reuniões diárias, houve um entendimento da equipe implementadora, supervisão e gerência que havia um distanciamento das áreas de apoio na reunião semanal com a supervisão com relação ao Plano de Ação. Semanalmente a supervisão das áreas de apoio possuía dificuldade para análise e proposição de ações, pois tinham pouca propriedade nas causas de paradas explicitadas no gráfico de Pareto. Assim, em comum acordo, foi proposta uma reunião diária envolvendo liderança e supervisão de linha com os analistas e especialistas das áreas de apoio. Esta rotina não foi proposta originalmente pelo método M0.

Já com relação a reunião mensal com a alta gestão que objetivava a apresentação dos resultados e a situação do plano de ação foi realizada, pela primeira vez, no segundo mês de implementação desta etapa. Esta reunião foi chamada pela empresa de 'Fórum' e contava com a presença de supervisão da linha em que o método estava sendo implementado, gerência da estamperia e áreas de apoio relacionadas ao projeto, como Ferramentaria, Manutenção, Qualidade e Engenharia, além da direção de Operações e Manufatura.

Assim, a rotina de reuniões implementada pode ser observada na Figura 34.

Figura 34 - Rotina de reuniões implementada.



Fonte: Arquivo da empresa.

Com relação a cada reunião contida na rotina de reuniões, a empresa desenvolveu um material de apoio com a explicação das responsabilidades e dos assuntos que deveriam e ser abordados em cada reunião. Este material pode ser observado no APÊNCIDE A – MANUAL DE ROTINA DE REUNIÕES.

### **Passo 6 – Acompanhar os Resultados Buscando a Melhoria Contínua**

Para propor o acompanhamento dos resultados visando a melhoria contínua a empresa teve como prática a constante divulgação dos resultados através do uso do painel de gestão (Figura 32) e da participação da alta gestão no fórum mensal.

Outro fato importante de destacar é que a empresa, a partir da sugestão da empresa de consultoria, propôs que a realização de auditorias, envolvendo a etapa de gestão do posto de trabalho, fossem realizadas frequentemente. O desenvolvimento e aplicação destas auditorias ficou inicialmente sob responsabilidade da empresa de consultoria, sendo que um membro da equipe implementadora foi capacitado para poder dar continuidade nesta ação.

A aplicação da auditoria, com base no formulário da sendo que um membro da equipe implementadora foi capacitado para poder dar continuidade nesta ação. proporcionava uma nota quantitativa sugerindo como a implementação da etapa de Gestão do Posto de Trabalho (GPT) está com relação as rotinas, avaliação,

entendimento do conceito IROG e sua evolução. As auditorias eram realizadas quinzenalmente ou sempre quando a consultoria estava presente na empresa. As notas e observações de cada auditoria, com o objetivo da realização de melhorias na gestão e nos resultados, eram compartilhadas com a alta gestão da empresa.

#### 5.2.4 Implementação do *Heijunka* e do Sequenciamento de Produção

Através do conhecimento do IROG proveniente dos passos 3 e 4 da etapa de implementação da Gestão do Posto de Trabalho, a implementação do *Heijunka* e do sequenciamento de produção pode ser iniciada. Para a implementação do *Heijunka* a empresa contou com apoio intensivo da área de PPCP da empresa através do levantamento da demanda dos diferentes produtos e a análise das diversas possibilidades de nivelamento a partir do entendimento das capacidades instaladas.

##### **Passo 1 – Levantar a Demanda de Peças Produzidas na(s) Máquina(s)**

A empresa em cena é fornecedora de peças para montadoras nos diversos segmentos. Sendo assim, a demanda é proveniente de uma programação futura feita pelo próprio cliente. Neste contexto, a empresa em estudo utiliza um *software* do tipo MRP para o planejamento da produção. Assim sendo, o levantamento da demanda das peças das máquinas da linha em que o método estava sendo implementado poderia ser feito através de relatórios, onde a partir da informação de demanda do conjunto final, requisitada pelo cliente, torna-se possível estabelecer as respectivas peças e quantidade necessária para cada a montagem de cada conjunto.

Como resultado deste passo foi obtido uma tabela eletrônica contendo a demanda de cada componente para os próximos 3 meses. Aqui é importante salientar que, por experiência do setor de PPCP, o levantamento de demanda para mais de 3 meses poderia conter erros por se tratar de um período onde, dependendo do cliente, pode ocorrer alguns erros de previsão. Além disso, a empresa não possuía uma lógica de Plano Mestre de Produção implementada.

Importante salientar que para o levantamento da demanda, devido a demanda do cliente, na sua grande maioria, não ser diária, foi calculado uma demanda média diária para cada peça. Esta demanda média diária representava a média da demanda que cada peça possuía diariamente ao longo dos próximos 3 meses.

## **Passo 2 – Levantar os Tempos de Processo e *setup* de cada peça**

Os tempos de processo e *setup* para cada peça foram obtidos, inicialmente, através da utilização do relatório do sistema MRP. Entretanto, como foi levantado pela equipe implementadora, havia alguns tempos com muito baixa acuracidade. Portanto, houve a necessidade da realização de uma ampla revisão dos tempos. Esta revisão demandou o acompanhamento das peças ao longo de um mês, onde cada peça produzida era avaliada por um membro da equipe implementadora e corrigido, no cadastro, em caso de ser observada divergências. Ao final, um relatório com todos os tempos de produção e *setup* de cada peça pode ser obtido.

Entretanto, há um ponto importante de ser relatado com relação aos tempos de produção. Como mencionado no passo 1 da etapa de envolvimento da alta gestão, a linha escolhida estava passando pelo processo de início de produção de um pacote de peças novo. Assim, as peças do novo pacote, por ainda estarem em processo de implementação, não foram considerados os tempos encontrados na prática, pois ainda possuíam ajustes e modificações em ferramental e sistema de movimentação que impediam o avanço de velocidade de produção. Neste caso, o fator performance do IROG era influenciado em função da dificuldade na acuracidade dos tempos disponível para o seu cálculo.

## **Passo 3 – Levantar os Recursos/Roteiros Alternativos para cada peça**

Para o levantamento dos recursos/roteiros alternativos que cada peça se fez necessário a utilização de um especialista em projeto de ferramentas que atuava na equipe de implementação do projeto. Este especialista, através de análise de projeto e conhecimento prático das ferramentas e das prensas que a empresa possuía, determinou as possibilidades que cada peça possuía para a sua produção em termos dos roteiros de produção.

Com relação aos recursos/roteiros alternativos, cabe ressaltar que como a linha em que o método estava sendo implementado era a única na empresa que possuía prensas com a tecnologia *Transfer*, eles se limitavam a somente as quatro máquinas da linha. Além disso, algumas alternativas levantadas necessitavam de algumas alterações ou adaptações no sistema para a produção. Adicionalmente, o custo aproximado de cada opção também foi levantado, pois seria um fator influenciador na decisão a ser adotada para a divisão da demanda.

O resultado obtido, após todos os estudos, foi a uma planilha contendo os processos alternativos de cada peça com as respectivas montagens e especificidades.

#### **Passo 4 – Avaliar a Divisão de Máquinas de Alto e Baixo Volume (Focalização da Produção)**

Para o desenvolvimento deste passo, foi necessário o envolvimento de mais alguns especialistas da ferramentaria além do integrante da equipe implementadora. Como o processo *Transfer* é um processo automático com o transporte das peças ao longo dos estágios feito por sistema de movimentação, havia uma outra característica além do alto e baixo volume de demanda: a variação da estabilidade de produção de acordo com a complexidade da peça. Esta característica, devido a linha estar em processo de início de produção de um novo pacote de peças, era agravada por alguns processos possuírem problemas técnicos, tornando instável a produção. Neste contexto, a situação de cada processo quanto a estabilidade de produção também foi avaliada.

Uma outra premissa que foi adotada está associada com a estabilidade produtiva de cada prensa. Na linha de implementação do método haviam duas máquinas distintas quanto a estabilidade. O *Transfer* 3213 possui uma boa estabilidade devido ao seu sistema alimentação ser por esteira, enquanto os outros possuíam um sistema por guias e fuso. O *Transfer* 3621 possui uma instabilidade quanto a problemas de manutenção significativos originados de vibração do martelo – quando o processo de estampo, em chapas grossas, necessitava de uma carga muito alta e próxima a nominal da prensa.

Com o contexto e especificidades da linha conhecidos, foi possível a definição de premissas que deveriam embasar o processo decisório de definição das peças para cada centro de trabalho. As premissas adotadas foram:

- Destinar um *Transfer* para receber as peças mais instáveis – peças complexas do novo pacote, melhorando a estabilidade dos demais;
- Colocar peças de alto volume no *Transfer* 3213, aproveitando-se da boa estabilidade do processo de alimentação;
- Retirar peças que possuem estampo em chapas grossas exigindo a tonelagem próxima a capacidade de máquina do *Transfer* 3621.

Estando as premissas estabelecidas o avanço para o próximo passo pode ser dado.

### **Passo 5 – Realizar a Análise de CxD Simulando Diferentes Períodos de Nivelamento: Mês, Quinzena, Semana, Dia**

Para a realização deste passo foi utilizado uma planilha eletrônica contendo: todos os códigos das peças da linha com seu respectivo tempo de processo e *setup* e demanda dia (neste ponto foi feita uma média por dia da demanda levantada). Além disso, esta planilha continha os recursos/roteiros alternativos de cada peça, permitindo a visualização por centro de trabalho. Assim, foi possível simular os diferentes períodos de nivelamento, permitindo a comparação com a capacidade de cada centro de trabalho. Neste ponto, foi possível observar a influência significativa do tempo de *setup*, principalmente em períodos de nivelamento pequenos como dias e semanas, apontando para a importância estratégica da redução do tempo de *setup*.

Ainda, conforme a planilha de simulação, qualquer alteração feita nos dados que a alimentavam era feita a devida atualização. Esta ação tornou-se importante para a simulação de cenários futuros após os resultados de melhoria de redução no tempo de *setup*, incremento no IROG ou redução do tempo de processo fossem atingidos.

### **Passo 6 – Definir o Período de Nivelamento com base no Atendimento da Demanda**

Através da planilha que permitiu a simulação dos diversos períodos de nivelamento a definição do *Heijunka* para cada centro de trabalho pode ser feito. Para isto, foram adotadas as premissas definidas no passo 4 buscando a focalização de máquinas para alto volume e, como relatado no caso, processos estáveis. Assim, a definição buscou o atendimento da demanda nos três turnos em que a linha estava operando.

Devido a situação de baixo IROG e tempo expressivo de *setup* a definição do período de nivelamento foi baseado principalmente em uma premissa de um tempo mínimo de processamento de cerca de 3h de produção. O objetivo desta premissa foi, principalmente, a de obter a redução do número de *setups* por turno, já que este era um dos motivos mais significativos de parada das máquinas. Ao restringir um tempo de produção mínimo de 3h, algumas peças, devido a um baixo volume, passaram a ser tratados a partir de um nivelamento mensal. Entretanto, a maioria das peças

resultaram em um período de nivelamento quinzenal e, em uma quantidade um pouco menor, em um período de nivelamento semanal.

Outra restrição foi a de um tempo máximo para a produção. Isto devido ao fato de grande número de códigos de peças a serem produzidos na mesma máquina no intuito de atender todos os códigos, exigia um número mínimo de *setups* por dia em cada máquina. Este tempo foi restringido em 8h, ou seja, o tempo de produção de um turno.

Com estas premissas, somadas as anteriormente citadas, o período de nivelamento de cada código para cada centro de trabalho pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de análise e definição de período de nivelamento para o centro de trabalho 3280.

| Material   | Cen.Trab | Média Demanda/mês | Desv   | Qtd Mês nivelada | Tempo Prod. /dia | Tempo Prod. /semana | Tempo Prod. /quinzena | Tempo Prod. /Mês | Período de Nivelamento | Horas Prod. Mês |
|------------|----------|-------------------|--------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| 94748673C  | 3280     | 2540,3            | 1910,8 | 4451,2           | 0,4              | 0,9                 | 1,5                   | 2,7              | Mês                    | 2,7             |
| 94748674C  | 3280     | 3068,0            | 837,2  | 3905,2           | 0,4              | 0,8                 | 1,4                   | 2,4              | Mês                    | 2,4             |
| 26234245C  | 3280     | 8772,0            | 3744,7 | 12516,7          | 0,9              | 2,3                 | 4,0                   | 7,5              | Mês                    | 7,5             |
| 26240444C  | 3280     | 7993,0            | 3294,7 | 11287,7          | 0,6              | 1,9                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 6,5             |
| 26240453C  | 3280     | 8112,7            | 3967,7 | 12080,4          | 0,6              | 2,0                 | 3,6                   | 6,9              | Mês                    | 6,9             |
| 2Q0805313C | 3280     | 17593,3           | 4210,0 | 21803,4          | 0,9              | 2,5                 | 4,4                   | 8,2              | Quinzena               | 8,8             |
| 2Q0805314C | 3280     | 17173,3           | 4020,5 | 21193,8          | 0,9              | 2,4                 | 4,3                   | 8,0              | Quinzena               | 8,6             |
| 52155806C  | 3280     | 1034,7            | 953,0  | 1987,7           | 0,7              | 1,2                 | 1,8                   | 2,9              | Mês                    | 2,9             |
| 52155807C  | 3280     | 1233,3            | 946,3  | 2179,7           | 0,7              | 1,2                 | 1,9                   | 3,2              | Mês                    | 3,2             |
| 26240447C  | 3280     | 7993,0            | 3294,7 | 11287,7          | 0,6              | 1,9                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 6,5             |
| 26240456C  | 3280     | 8112,7            | 3134,0 | 11246,6          | 0,6              | 1,8                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 6,5             |
| CQ29482C   | 3280     | 18147,0           | 6639,7 | 24786,7          | 1,7              | 7,2                 | 14,0                  | 27,6             | Semana                 | 28,8            |
| 2QW803842C | 3280     | 20004,0           | 5012,8 | 25016,8          | 1,9              | 7,5                 | 14,3                  | 28,1             | Semana                 | 29,9            |
| 26224514C  | 3280     | 10296,0           | 1401,5 | 11697,5          | 1,3              | 5,3                 | 10,2                  | 19,9             | Semana                 | 21,2            |
| 94752249C  | 3280     | 4610,0            | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 8,5             |
| 94752249C  | 3280     | 4610,0            | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 8,5             |
| 94752253C  | 3280     | 234,3             | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 1,2             |
| 94752253C  | 3280     | 234,3             | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 1,2             |
| 94752254C  | 3280     | 234,3             | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 1,2             |
| 94752254C  | 3280     | 234,3             | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 1,2             |
| 94752250C  | 3280     | 4610,0            | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 8,5             |
| 94752250C  | 3280     | 4610,0            | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 8,5             |

Fonte: Arquivo da empresa.

Com relação ao período de nivelamento, foi estabelecido que a empresa realizaria uma reavaliação do período definido trimestralmente. Este tempo de reavaliação foi baseado nas premissas de que os clientes teriam 3 meses de demanda firme e que este tempo seria suficiente para consolidar melhorias com relação a tempo de *setup*, processo ou IROG.

## Passo 7 – Realizar o Sequenciamento de Produção com Base nas Especificidades da Operação

O sequenciamento de produção iniciou imediatamente após a conclusão dos passos referente ao nivelamento de produção. Para informar a todos do objetivo e como funcionaria o sequenciamento de produção, foi feita uma primeira reunião, com a participação dos supervisores das áreas envolvidas neste passo. Nesta reunião foi apresentada a ideia de como a reunião de sequenciamento funcionaria, juntamente com os participantes e suas responsabilidades – Quadro 17, bem como sua frequência e objetivos.

Quadro 17 - Participantes e respectivas responsabilidades na reunião diária de sequenciamento de produção.

| <b>Cargo</b>           | <b>Setor</b>  | <b>Responsabilidade definida para o sequenciamento</b>   |
|------------------------|---------------|--|
| Líder de Linha         | Produção      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar o sequenciamento com uma visão prática, criticando e apontando possíveis alterações que beneficiem a execução;</li> <li>• Informar os operadores de cada máquina da sequência proposta para a sua execução;</li> </ul>                   |
| Líder de <i>Preset</i> | Produção      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar o sequenciamento, levantando algum problema de componentes e/ou dispositivos que possa prejudicar a produção;</li> <li>• Levantar a sequência proposta para a execução dos passos de separação de material para <i>setup</i>;</li> </ul> |
| Técnico de Produção    | Produção      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar o sequenciamento com uma técnica, criticando e apontando possíveis alterações que beneficiem a qualidade;</li> </ul>   |
| Supervisor             | Produção      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantir a participação de todos os envolvidos e suportar as decisões tomadas;</li> </ul>   |
| Programador            | PPCP          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar a demanda com as respectivas datas de entrega;</li> <li>• Verificar possíveis alterações, favorecendo a produção, na remessa para os clientes;</li> </ul>  |
| Analista de Manutenção | Manutenção    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar possíveis problemas com relação as máquinas que podem interferir no sequenciamento;</li> <li>• Levantar a necessidade de paradas para a realização de consertos visando a melhor disponibilidade da máquina;</li> </ul>                  |
| Líder Ferramentaria    | Ferramentaria | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar possíveis problemas com relação as ferramentas que podem interferir no sequenciamento;</li> <li>• Levantar a necessidade de consertos no ferramental visando a melhorar a produtividade e qualidade;</li> </ul>                          |

Fonte: Arquivo da empresa.

Após a reunião inicial, com a supervisão de cada área envolvida, a primeira reunião de sequenciamento de produção foi realizada. Entretanto, o seu início aconteceu em um momento em que a linha de produção, devido ao processo inicial

de produção de ferramental novo, encontrava-se com atraso considerável nas entregas. Este momento dificultou consideravelmente a proposição da melhor solução, de acordo com os participantes da reunião, para a redução do tempo de *setup* devido a necessidade eminente de entrega. Neste contexto, a figura do programador foi muito importante para a negociação de postergações de entrega junto ao cliente. Esta ação ajudou significativamente as soluções para propor a redução dos tempos de *setup* e, conseqüentemente, a própria melhora nas entregas para o cliente.

Com relação especificamente a reunião de sequenciamento, esta acontecia todos os dias na parte da manhã e tinha como o principal objetivo o sequenciamento de produção de todas as máquinas da linha de implementação do método para os próximos 3 dias. Esta abrangência proporcionava maior previsibilidade para as áreas de apoio e, principalmente, para a equipe de *preset* no que tange à preparação do material. Como saída, a reunião proporcionava informação para o preenchimento de uma tabela que se encontrava em gestão à vista na linha – Foto 12.

Foto 12 - Tabela de sequenciamento de produção disposta em gestão à vista na linha de produção.

Fonte: Arquivo da empresa.

Esta Tabela tornava o sequenciamento de produção uma informação de fácil acesso a todos os profissionais envolvidos com este tema.

### 5.2.5 Implementação do *Preset*

A implementação do *Preset*, conforme proposto no M0, poderia ser iniciado ao longo do processo de implementação da Gestão do Posto de Trabalho. Entretanto, a equipe implementadora, juntamente com a gestão da estamparia, optou em iniciar a implementação do *Preset* somente após concluídos todos os passos da

implementação da Gestão do Posto de Trabalho. A justificativa para isto, segundo a empresa, foi dar foco para a carga de trabalho da equipe e dos envolvidos na linha de produção.

Dessa forma, a implementação do *Preset* iniciou somente após cerca de 60 dias do início da aplicação do método M0. Assim sendo, os passos para esta etapa foram desenvolvidos.

### **Passo 1 – Formar Equipe de *Preset***

O início da formação da equipe de *Preset* aconteceu através do trabalho da consultoria que foi contratada para auxiliar na implementação do método. Neste trabalho, o consultor, que possuía longa experiência na operacionalização deste processo em outras empresas similares, projetou o processo de implementação com seus requisitos e necessidades. Dentre as necessidades, foi constatado que para o início de implantação do *Preset*, para as máquinas estabelecidas no escopo, havia a necessidade de ao menos duas pessoas dedicadas ao processo, a saber: i) líder de *Preset*; e ii) técnico de *Preset*.

Com base neste trabalho, foi feita uma reunião com a gerência e toda a supervisão da estamperia para a escolha de pessoas que tivessem destaque no trabalho, além de conhecimento técnico e prático. Com base nestes requisitos, foram selecionados dois operadores para a nova função – Quadro 18.

Quadro 18 - Informações sobre a equipe de *preset*.

| <b>Currículo</b>     | <b>Líder de <i>Preset</i></b> | <b>Técnico de <i>Preset</i></b> |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Função               | Operador III                  | Operador I                      |
| Qualificação Técnica | Técnico Mecânica              | Cursando Engenharia             |
| Tempo de empresa     | 7 anos                        | 1 ano                           |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim sendo, a equipe base para iniciar a implementação do *Preset* na linha piloto estava formada e preparada para iniciar os trabalhos.

### **Passo 2 – Definir os Materiais que serão acondicionados no *Preset***

A definição do material para ser acondicionado no *Preset* foi realizada com auxílio da consultoria. Em um primeiro estudo, foi estabelecido que todos os materiais envolvidos no *setup* seriam armazenados no *Preset*. Entretanto, baseado em problemas levantados pelo GPT, através das análises dos gráficos de paretos, foi

definido que o acondicionamento destes materiais iria acontecer em dois momentos distintos, a saber: i) o primeiro para todos os componentes do sistema de movimentação e dispositivos de medição; ii) o segundo para as ferramentas.

A escolha de, primeiramente, acondicionar os componentes do sistema de movimentação e dispositivos de medição foi baseada em um dos principais motivos de paradas – “Ajuste de Pazinhas”. Os elevados tempos de parada associada a este tópico implica na necessidade de realizar algum ajuste no sistema de movimentação de peças do sistema *Transfer*. Este sistema era composto por diversos componentes de fixação e mecanismos pneumáticos que realizavam a movimentação das peças ao longo dos estágios da ferramenta – Foto 13.

Foto 13 - Foto das "pazinhas" nos dois conceitos utilizados.



Fonte: Arquivo da empresa.

Assim, devido à complexidade destes componentes e sua interferência no processo produtivo, a sua priorização, adotando a conceituação do *Preset*, traria a diminuição da necessidade frequente de ajustes.

Já o segundo momento, destinado para alocação das ferramentas, foi definido pela empresa que seu início ocorreria somente após a conclusão por completa do primeiro momento que, baseado em cronograma de implementação, aconteceria em setembro/2020.

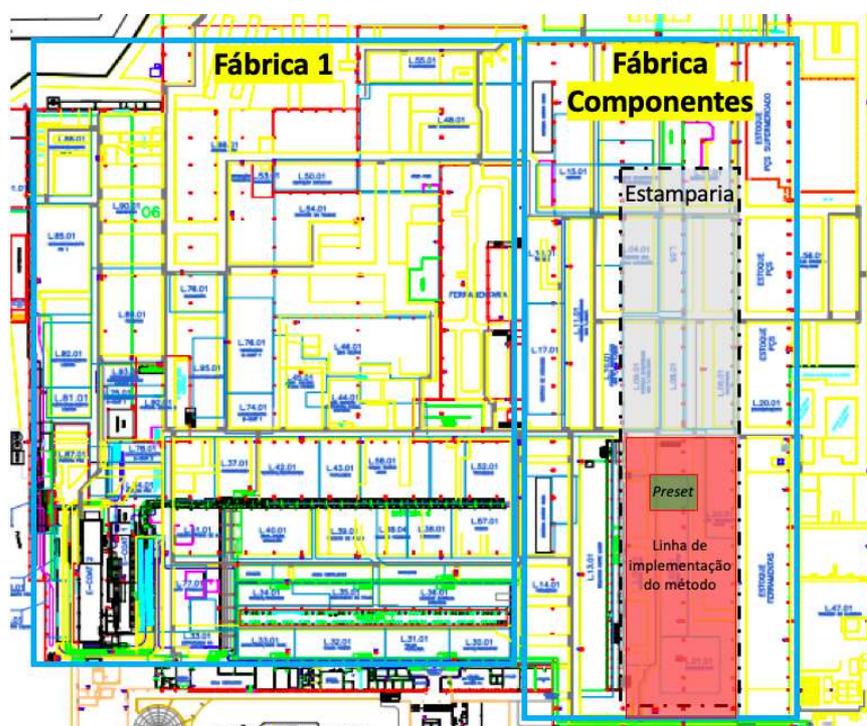
### **Passo 3 – Definir local Físico para o *Preset***

A definição de local para o desenvolvimento do *Preset* foi realizada com o auxílio do consultor. Além disso, esta definição foi baseada em premissas que visavam facilitar a movimentação e o fluxo de trabalho, além da absorção de todo o

material a ser armazenado. Com base nestas premissas, a consultoria propôs a localização considerada adequada e propôs um *layout* conceitual.

Entretanto, por um critério de se ter o menor investimento no curto prazo, a empresa optou por definir, primeiramente, um local que suportaria somente os componentes do sistema de movimentação e dispositivos de medição que, conforme passo anterior, foi definido como sendo o material a ser priorizado para alocação no *preset*. Assim, o local definido para o início do desenvolvimento das atividades de *Preset* pode ser observado na Figura 35.

Figura 35 - Localização do local físico do *Preset*.

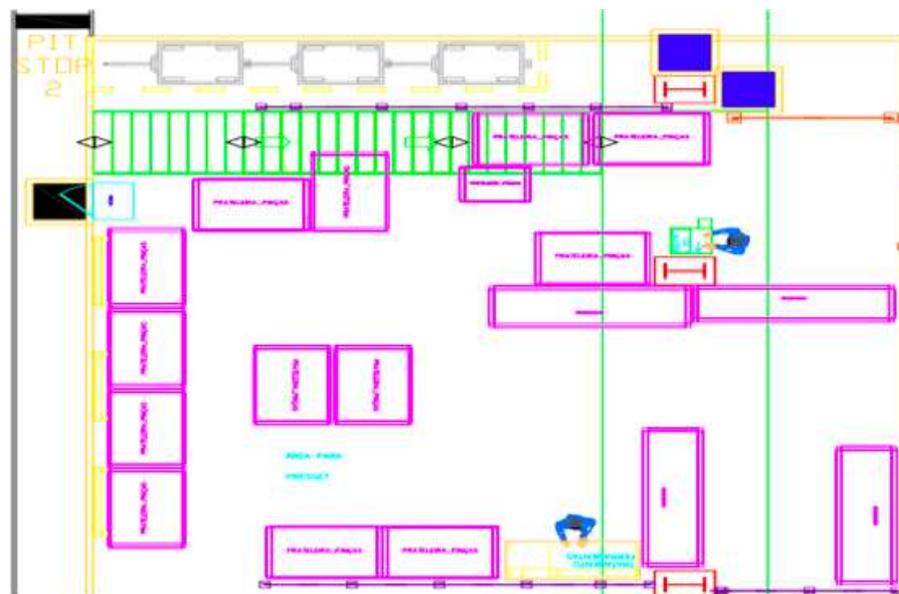


Fonte: Arquivo da empresa.

Após a definição do local, o *layout* para alocação dos materiais e suporte para as atividades de *preset* foi construído. Este *layout* continha áreas específicas para: guarda, destinando prateleiras endereçadas; preparação, com bancadas para montagem, consertos e testes de componentes; espera, para que materiais retirados do uso aguardassem até sua análise, limpeza e guarda; atividades administrativas, com computador para registros, controles, pedidos de compra, etc.; gestão, com indicadores e reuniões de plano ações; treinamento, para que pequenos treinamentos relacionados a atividades necessárias para o material armazenado no *preset* fossem

realizados. Assim sendo, o *layout* foi projetado e o local físico para o *preset* construído – Figura 36.

Figura 36 - Imagem do *layout* projetado do *preset*.



Fonte: Arquivo da empresa.

#### **Passo 4 – Limpar, Reparar, Catalogar e Organizar Material a ser Acondicionado:**

Estando o material a ser acondicionado e o *layout* definidos, as atividades de limpeza, reparação, catalogação e organização foram iniciadas. A equipe de *Preset* iniciou estas atividades, primeiramente, nos componentes de fixação e mecanismos pneumáticos do sistema de movimentação de peças do sistema *Transfer*. Como cada ferramenta possui um conjunto único para o sistema de movimentação, esta atividade demandou tempo considerável para ser concluído.

Após a conclusão de todos os componentes de fixação e mecanismos pneumáticos, a equipe desenvolveu as atividades deste passo nos dispositivos de medição. O resultado do trabalho realizado pode ser observado na Foto 14 e Foto 15.

Foto 14 - Foto panorâmica da área de *preset*.



Fonte: Arquivo da empresa.

Foto 15 - Detalhe da organização do material nas prateleiras.



Fonte: Arquivo da empresa.

### **Passo 5 – Preparar e Fornecer Material para o *Setup***

A execução deste passo foi acontecendo a medida em que cada conjunto de componentes de fixação e mecanismos pneumáticos do sistema de movimentação fossem acondicionados no local físico do *Preset*. Para a preparação e o fornecimento do material para cada *setup*, a equipe de *Preset* participava ativamente na reunião de Sequenciamento de Produção (Passo 7 da etapa de Implementação do *Heijunka* e

Sequenciamento de Produção). Como saída desta reunião, a equipe de *Preset* realizava o planejamento para a preparação e fornecimento do material para o *setup*.

Foi padronizado pela empresa que o material seria fornecido em carrinhos específicos – Foto 16, após as atividades de preparação e conferência.

Foto 16 - Carrinho para fornecimento de dispositivos de movimentação.



Fonte: Arquivo da empresa.

Além disso, foi dado como objetivo para a equipe de *preset* a preparação dos dois próximos *setups* de cada máquina. Assim, em caso de algum problema que impedisse a produção, o material para a realização de outro *setup* estaria preparado. Para isso, a empresa adotou um indicador de preparação de *setup* visual – Foto 17, possibilitando a visualização da situação em que cada máquina se encontrava quanto a preparação.

Foto 17 - Foto do indicador visual de preparação criado pela empresa.



Fonte: Arquivo da empresa.

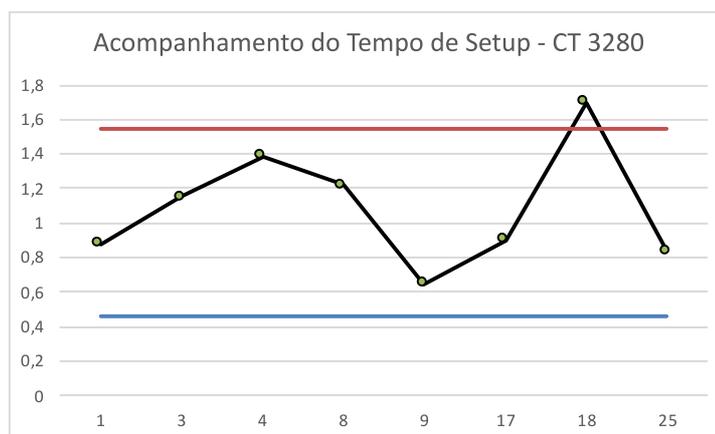
### Passo 6 – Monitorar e Analisar o Tempo de *Setup*:

O monitoramento e a análise do tempo de *setup* iniciaram logo após a equipe de *Preset* concluir o acondicionamento de todo o material definido no local físico de *Preset*.

Como os membros da equipe possuíam experiência prática e conhecimento técnico, eles começaram a acompanhar cada *setup*, podendo assim observar na prática os problemas. O acompanhamento contava com um projetista especialista em ferramentas, tornando as análises mais robustas. A saída de cada *setup* acompanhado eram Planos de Ação, alimentando os Painéis de Gestão conforme explicitado no passo 4 da etapa de Implementação da Gestão do Posto de Trabalho.

Além disso, a equipe de *Preset* passou a monitorar o tempo de *setup*, alimentando um indicador diário, dando origem ao indicador de *Tempo de Setup* – Gráfico 3.

Gráfico 3 - Acompanhamento do tempo de setup do CT 3280.



Fonte: Arquivo da empresa.

O indicador de tempo de *setup* era composto pelo tempo *setup* que cada máquina realizou e duas linhas paralelas que representavam um limite superior e inferior. A faixa entre os limites superior e inferior representava a variação que o tempo de *setup* poderia apresentar. Quando qualquer *setup* superava estes limites significaria a ocorrência de alguma anomalia. As anomalias de *setup* eram tratadas com análises e desenvolvimento de Plano de Ação específicos.

### **Passo 7 – Receber, Limpar e Analisar Material antes da Guarda**

A ideia é que após a ocorrência de cada *setup*, a equipe de *Preset* realize a limpeza e análise do material recebido identificando qualquer problema que impeça seu perfeito funcionamento, e consertando-o sempre que isto se fizer necessário. Além disso, este momento deve ser utilizado para corrigir alguma anomalia que venha a ser identificado durante o acompanhamento do *setup*.

Todo material recebido passa por um fluxo que visa garantir a eficácia deste passo. Primeiramente, o material retirado da máquina necessita ser acondicionado no mesmo carrinho de *Preset* pelos operadores. Na sequência este carrinho necessita ser transportado até a área de recebimento do *Preset*, onde irá aguardar a etapa de limpeza. Assim que possível, o técnico de *Preset* necessita realizar a limpeza e verificação do pleno funcionamento de cada componente, conectando os componentes pneumáticos e eletrônicos a uma bancada de testes – Foto 18.

Foto 18 - Sistemas de teste pneumático e eletrônicos dos dispositivos de movimentação.

• SISTEMA PARA TESTES PNEUMATICOS DAS GARRAS



• SISTEMA PARA TESTES DE SENSORES DE CHAPA DUPLA



Fonte: Arquivo da empresa.

Somente após a execução rigorosa destes passos é que os componentes devem ser armazenados no seu local especificado.

### **Passo 8 – Desenvolver Controle de Vida Útil de Elementos e Componentes**

O controle de vida útil dos elementos e componentes foi iniciada juntamente com a rotina de recebimento e análise dos materiais. A cada substituição ou conserto do material recebido, uma planilha eletrônica era alimentada informando o que foi feito em cada componente. A ideia era que esta planilha servisse de base para a listagem dos elementos de desgaste dos elementos e componentes ao longo do tempo.

Uma vez tendo pleno conhecimento da listagem dos elementos de desgaste, a equipe de *preset* pode analisar o tempo médio de substituição e estipular uma vida útil para os mesmos. Com base na vida útil estipulada, o estabelecimento de um padrão de tempo para a substituição prévia de cada componente, antes mesmo de apresentarem defeitos, torna-se exequível.

Devido a construção do conhecimento sobre a vida útil dos componentes originar de observações de cunho prática, requerendo um determinado tempo para que possam ser estabelecidos os padrões, este passo não foi evidenciado por completo no acompanhamento da implementação do método. Entretanto, o acompanhamento e registro dos consertos em planilha eletrônica possibilita a conclusão deste passo nos tempos necessários.

#### 5.2.6 Implementação da Troca Rápida de Ferramentas (SMED)

A implementação da etapa de Troca Rápida de Ferramentas (SMED) foi iniciado após a etapa de *Preset* estar em etapa final de implementação. A decisão foi embasada no entendimento da equipe implementadora de que a implementação do *preset* traria mais impactos no resultado devido a complexidade dos dispositivos de movimentação. Aqui é importante ressaltar que pelo método, não necessariamente esta ordem deve ser seguida. Porém, parece ser possível supor que a implementação prévia do *preset* tende a trazer benefícios significativos, principalmente pelo fato desta metodologia gerar a melhoria para um conjunto de máquinas.

Assim sendo, a implementação do Troca Rápida de Ferramentas teve seus primeiros passos estabelecidos cerca de 120 dias após o início da aplicação do método M0. Sendo assim, os passos para esta etapa foram desenvolvidos como explicitado a seguir.

#### **Passo 1 – Treinar Operadores no Método de TRF (SMED)**

O início do envolvimento do time operacional com a metodologia ocorreu com um treinamento teórico de cerca de 8h com o time operacional – Foto 19.

Foto 19 - Time operacional e de gestão que participaram do treinamento.



Fonte: Arquivo da empresa.

Neste primeiro momento, foram envolvidos somente os 4 operadores da máquina piloto, bem como os seus respectivos gestores. Este treinamento, assim como os anteriores, foi ministrado pelo consultor. Nele, o conceito geral do método da Troca Rápida de Ferramentas foi exposto e, adicionalmente, foram apresentados casos práticos de outras empresas, bem como realizados exercícios práticos a partir da realidade da empresa foco do trabalho.

### **Passo 2 – Realizar a Filmagem da Situação Atual do Setup**

A filmagem da situação atual ocorreu logo na sequência do treinamento conceitual. Um dos principais objetivos desta ação foi propor a fixação do conceito do TRF (SMED) para o time operacional. Assim, as filmagens ocorreram com duas câmeras com o intuito de possibilitar a análise simultânea e sincronizada dos dois lados da máquina. Importante registrar que não houve nenhum critério específico para a escolha do *setup* de análise. Assim, o time operacional realizou o *setup* de acordo com o usualmente feito. Os gestores da área ficaram com a tarefa de observar e realizar anotações para serem somadas no passo de análise.

### **Passo 3 – Analisar e Identificar Operações que independem da Máquina**

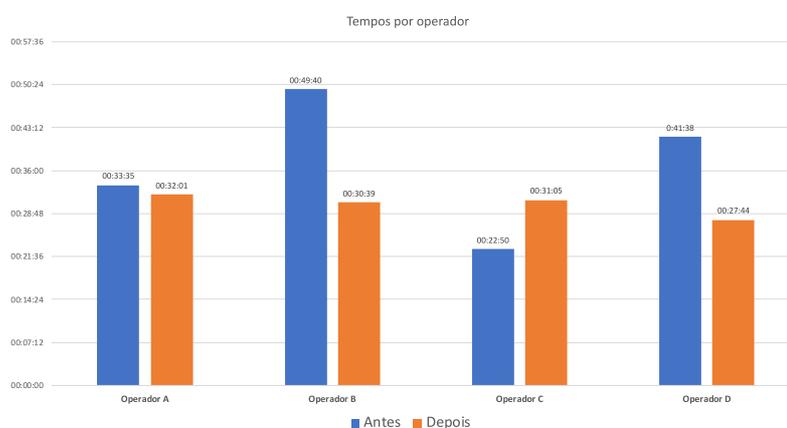
Através das filmagens das duas câmeras e das observações feitas ao longo do *setup*, as análises da atual situação da operação puderem ser feitas. Para isto, primeiramente foram identificadas todas as operações realizadas por cada operador que, posteriormente, foram listadas em uma planilha. Após, com o auxílio do time operacional e da equipe implementadora, as atividades foram classificadas no critério de dependência ou não da máquina. Cabe destacar que neste passo, por estar envolvido pessoas que possuem o conhecimento prático, várias possibilidades de melhorias surgiam a partir das conversas, comentários e análise crítica realizadas.

Todas estas possibilidades foram registradas para serem utilizadas nos passos seguintes. Assim, ao final deste passo, uma lista de todas as operações e sua respectiva dependência ou não da máquina foi obtida.

#### Passo 4 – Distribuir Operações que Dependem da Máquina entre Operadores

Estando as operações classificadas e devidamente analisadas, o passo para fazer a distribuição das operações que necessitam ser realizadas na máquina pode ser executado. Para esta distribuição a empresa utilizou alguns critérios como: experiência do operador, destinando aos operadores mais experientes operações críticas e aos menos experientes operações de baixa complexidade; e proximidade aos elementos a serem utilizados no *setup*. Assim, a saída deste passo está associada a distribuição das operações visando nivelar as ações realizadas pelos operadores – Figura 37.

Figura 37 - Gráfico do balanceamento das atividades entre os operadores realizado.



Fonte: Arquivo da empresa.

#### Passo 5 – Executar Setup Projetado

Após as operações serem classificadas, divididas e niveladas entre os operadores, o *setup* projetado foi executado. Neste passo, a empresa realizou filmagens de forma análoga a que foi realizada no passo 2 com o intuito de registrar para análise e refinamento. Neste sentido, a empresa realizou 4 ciclos das etapas 2, 3 e 4 para que ajustes e melhorias sugeridas pudessem ser testadas e validadas. Estes ciclos, no ponto de vista de resultado, parecem ter sido relevantes para o treinamento e ajuste de pequenos detalhes pelo time operacional. Os ciclos de

avaliação terminaram após os envolvidos na implementação da Troca Rápida de Ferramentas entenderem que uma boa solução foi encontrada.

### **Passo 6 – Criar Padrão de *Setup***

Após o *setup* ser avaliado continuamente, conforme descrito no passo anterior, um padrão de *setup* pode ser criado. O padrão foi criado de forma resumida e objetiva, para que este pudesse servir como base para um guia rápido de consulta para operadores ou auditores. A identificação visual da localização de máquina e operadores também foi um quesito que a empresa entendeu ser necessária. Este padrão pode ser observado no Apêndice B – INSTRUÇÃO DE TRABALHO SETUP.

### **Passo 7 – Criar Lista de Parâmetros, Configurações e Ajustes de Máquina por Ferramenta**

A empresa definiu que a lista de parâmetros, configurações e ajustes de máquina por ferramenta iria ser criada ao longo do tempo, tendo como base a observação e acompanhamento de cada *setup*. Foi definido aqui que a equipe de *preset*, por já acompanhar o *setup*, iria ser responsável por esta análise e registro. Devido ao tempo de observação não ser suficiente longo, não foi possível coletar evidências empíricas da aplicação deste passo.

### **Passo 8 – Buscar Simplificação de todos os Aspectos do *Setup***

Para garantir a busca pela simplificação das atividades de *setup* e, conseqüentemente, objetivar a redução do tempo desta operação a empresa propôs, assim como realizado com o IROG, o contínuo acompanhamento dos tempos de *setup*. O indicador, tempo de *setup* médio, foi incluído na rotina de gestão do GPT, proporcionando assim um acompanhamento amplo por parte dos diferentes níveis hierárquicos. Além disso, o indicador de tempo de *setup* médio foi incluído na apresentação e discussão de resultados em fórum mensal realizado com a alta gestão. Adicionalmente, é importante destacar a participação ativa da equipe de *preset*, que buscou acompanhar, quando possível, a operação de *setup*. Este acompanhamento, principalmente pelo uso do conceito de *setup* estendido, possibilitou que pequenos pontos de melhorias fossem realizados.

### 5.3 Análise crítica da implementação do método

Embasado na observação participante do autor e, por consequência, da vivência obtida no acompanhamento da implantação do método M0 na empresa, tornou-se possível fazer algumas observações no que tange aos passos do método. Elas serão explicitadas a seguir.

No que tange a etapa de **Envolvimento da Alta Gestão**, foi notório o envolvimento da direção e gerência na implantação do método. É possível afirmar que este envolvimento foi um fator chave para legitimar a formação de equipe, bem como a liberação de recursos para a implantação das melhorias planejadas. Outro fato importante a destacar, que contribuiu significativamente para envolvimento contínuo da alta gestão foi a reunião mensal, denominada internamente de 'Fórum'. Um elemento adicional relevante foi a adoção do painel de indicadores *online*. Importante colocar que os dois elementos supracitados, "Fórum" e Indicadores "*online*" foram essenciais para permitir a participação questionadora e participativa ao longo da implantação do método proposto.

Com relação a etapa de **Desenvolvimento de Escopo**, foi possível identificar que a experiência do time formado pareceu adequada. Esta experiência somada ao treinamento/capacitação abrangente tende a fazer a diferença para implantar as etapas e passos seguintes do método. Em se tratando especificamente do passo de escolha da máquina(s) piloto(s) para elaborar o projeto piloto, o fato de a empresa encontrar-se, conjunturalmente, sob risco de não cumprir seu compromisso de entregas com os clientes fez com que a escolha torna-se óbvia e, em um contexto geral, transformou o projeto de implantação do método consideravelmente mais relevante para a empresa. Especificamente este fato conjuntural tendeu a influenciar positivamente no que tange ao **Envolvimento da Alta Gestão** da empresa.

A etapa de **Implementação da Gestão do Posto de Trabalho** foi, provavelmente, o mais difícil em termos da obtenção da aderência por parte da organização. Um ponto crítico refere-se ao entendimento por parte de todos os envolvidos em relação a necessidade de obter a acuracidade dos dados, IROG e seus desdobramento em termos das paradas, para que o método do GPT pudesse ser implantado de forma eficaz. O fato é que o que não é corretamente medido, não pode ser efetivamente gerenciado. Ou seja, tanto a medição com acuracidade do IROG, como das causas de paradas são fundamentais para que o desdobramento dos

Planos de Ação (PA's) possam atingir as causas de paradas mais relevantes. Neste ponto, foram necessários vários treinamentos operacionais envolvendo a tipologia de paradas projetadas. Observou-se, no campo empírico, dificuldades consideráveis no que tange ao entendimento por parte dos operadores da tipologia de paradas. Por exemplo, dificuldades objetivas garantir que o apontamento do motivo de parada fosse o mesmo para um determinado problema ocorrido em todas as máquinas envolvidas e nos diversos turnos de trabalho. Portanto, o fortalecimento da capacitação dos operadores e dos demais profissionais envolvidos neste ponto do trabalho tende a se tornar um Fator Crítico de Sucesso (FCS) da implantação do GPT, no que tange ao medidor do IROG e os desdobramento das mensurações com acuracidade causas de paradas. método essencial para o desempenho eficaz global da estamperia.

Já no que tange a implantação dos ciclos de gestão associados ao GPT foram observadas dificuldades tanto em relação á manutenção das rotinas, quanto a geração de ações efetivas para a melhoria do IROG. No âmbito da gestão de rotina o ponto central refere-se a execução diária das reuniões com a intensidade e foco exigido pelo método, especialmente no que tocante a assegurar a participação de todos os envolvidos. Ao observar o dia-a-dia da gestão das rotinas foi possível notar que o entendimento/compreensão do papel de cada membro na rotina de reuniões é um ponto significativo e central para a obtenção dos resultados necessários. Nas primeiras reuniões realizados pode-se observar que quando as responsabilidades prescritas para cada participante não eram exercidas de maneira intensa e focada, as reuniões tornavam-se superficiais e pouco produtivas. Neste ponto, é possível destacar que, muitas vezes, a participação da gestão não foi eficaz, sendo necessário um questionamento aprofundado para a correção dos rumos das reuniões de gestão de rotina. As melhorias realizadas, muitas vezes apontadas pela consultoria outras vezes pela alta gestão do projeto, implicaram em reforçar os aspectos ligados com a realização de auditorias periódicas para verificar os pontos concretos a serem melhorados, para corrigir os 'gaps' apontados. Parece ser possível afirmar que as auditorias se constituem em práticas desejáveis para tornam mais eficaz a implantação do ciclo de gestão de rotinas do GPT.

Com relação a implantação dos planos ação para a melhoria do IROG, foi possível constatar que, em muitos momentos, havia uma quantidade expressiva de ações executadas simultaneamente, mas que não geravam impacto considerável na melhoria do indicador. Uma análise crítica realizada permitiu constatar que: i) as

análises efetivadas não possuíam a profundidade necessária no que tange a muitas causas de paradas; ii) as ações propostas não possuíam uma priorização adequada no que tange ao seu impacto objetivo na melhoria do IROG. Visando corrigir esta situação, a empresa passou a adotar uma nova forma rotineira de classificação das ações contidas no Plano de Ação. Semanalmente, o supervisor e analista de melhoria analisavam e classificavam todas as ações propostas adotando a ferramenta GUT – Gravidade, Urgência e Tendência. Esta nova rotina gerou significativa melhoria quanto ao impacto das ações realizadas na melhoria do IROG.

Ainda no que se refere a implantação do GPT dois pontos relevantes devem ser destacados: i) a implementação do método do 5S; ii) a definição da tipologia de paradas. A adoção do 5S foi positiva porque envolveu os operadores no sentido da obtenção de melhorias no local de trabalho o que, aparentemente, facilitou a implantação dos passos seguintes no chão-de-fábrica. Ainda, os resultados obtidos no chão-de-fábrica serviram de incentivo para a valorização do projeto em todos os níveis hierárquicos. Já no que tange a tipologia de parada, a ideia de inicialmente utilizar o Diário de Bordo (DB), como uma forma mais aberta para registo de paradas, para somente posteriormente promover em definitivo a tipologia projetada, parece ter tornado mais assertiva a definição técnica da tipologia, bem como os elementos de envolvimento dos operadores no processo.

A **Implementação do Heijunka** foi uma etapa que, relativamente, teve seus passos desenvolvidos sem dificuldades notórias. Uma hipótese que talvez justifique esta afirmação é o fato de que esta etapa trata de passos que não envolvem melhorias relacionadas diretamente a operação, não sendo necessário o envolvimento de um número expressivo de pessoas de diferentes níveis. Somente um ponto que pode ser destacado é com relação a complexidade que a consideração de diversos fatores trouxe para a simulação. Esta situação tornou difícil o processo decisório do período de nivelamento da produção. Neste caso, a experiência e conhecimento prático dos envolvidos fez significativa diferença. A planilha gerada foi utilizada para simular as hipóteses levantadas pelo time envolvido que, em um processo sistemático de tentativa e erro, permitiu a definição do período de nivelamento para cada peça. Por evidente, a lógica de tentativa e erro, a partir de uma perspectiva crítica dos atores envolvidos (PCP, Gestores da fábrica etc...) permite a melhoria contínua dos modelos de nivelamento proposto, explicitado na planilha.

Já com relação ao **Sequenciamento de Produção**, a maior complexidade foi a sua execução em um cenário onde havia atrasos de entrega ao cliente, como já relatado. Neste cenário, muitas soluções que eram julgadas como interessantes para ao processo produtivo não atendiam a necessidade de entrega aos clientes. Neste ponto, o papel do programador, do setor de PPCP, tende a ter influência central na decisão do sequenciamento, principalmente pelas negociações e postergações de entrega com o cliente. Em se tratando da efetividade do sequenciamento, foi notório que com o passar dos dias e, principalmente, com a melhora na situação de entregas, as soluções propostas para o sequenciamento de produção foram tornando-se mais adequadas. Além disso, a previsibilidade proporcionada para todos os envolvidos no processo produtivo facilitou a comunicação e execução das tarefas do pessoal de apoio, principalmente para a equipe de *Preset* e ferramentaria, que puderam planejar suas entregas com base no sequenciamento planejado, bem como sua execução.

A **Implementação do Preset** gerou uma mudança de conceito associado com o fato de que as ferramentas e dispositivos serem previamente separados, organizados e revisados para a sua utilização nas máquinas. Estas modificações geraram expressiva melhoria para a operação de *setup*, no período de aceleração de produção (*run-up*) e, conseqüentemente, para a melhoria no IROG das máquinas. Esta afirmação pode ser justificada na medida em que uma das mais significativas causas de parada, identificada pelo GPT, está associada com a necessidade da realização de ajustes gerados por componentes de fixação e mecanismos pneumáticos em más condições de uso. Além disso, antes da implementação do *Preset* era comum operadores realizarem pequenos consertos durante o *setup* ou no período produtivo, ocasionando paradas significativas.

Outro ponto que merece destaque em relação a **Implementação do Preset**, está associado com o passo de monitoramento e análise do *setup* pela equipe de *Preset*. Este passo contribuiu para a melhoria do tempo de *setup*, pois acelerou a solução de um número considerável de pequenos problemas, principalmente os relacionados a ajustes e a componentes danificados. Esta alavancagem de pequenos problemas no *setup* também foi beneficiada com o uso do conceito de *setup* estendido, trazendo para a discussão problemas de falta de estabilidade que, muitas vezes, passavam despercebidos no processo produtivo.

Já a **Implementação da Troca Rápida de Ferramentas (SMED)**, um fator que pode ser percebido com fundamental foi o envolvimento do time operacional desde o

início das atividades da metodologia. Além disso, a realização de um treinamento conceitual para este time foi um ponto que facilitou no desenvolvimento dos passos propostos pelo método. Ainda se tratando da relevância do time operacional, foi perceptível a capacidade de gerar soluções simples e efetivas que este time possui, demonstrada principalmente no passo 3 com as observações práticas ao longo do vídeo do *setup*. Outro ponto a destacar foi que a aplicação dos passos desta etapa, conforme previsto no método, não apresentou um caráter linear. A execução dos *loops* de melhoria, realizado pela empresa entre os passos 3, 4 e 5, proporcionou uma solução adequada para a operação de *setup*. Por fim, um último ponto observado e que merece destaque foi com relação a inclusão do indicador de tempo médio de *setup* na rotina de avaliação do GPT. Esta ação colocou este indicador inserido em uma rotina já estabelecida e que garante o fluxo de ações de melhoria.

#### **5.4 Evolução e discussão dos resultados**

É possível afirmar que a implantação do método proposto demanda energia e tempo, por parte de todos os envolvidos. Esta afirmação pode ser justificada pela quantidade de passos e etapas envolvidas. Inicialmente, tem-se a necessidade do entendimento dos conceitos por parte dos profissionais envolvidos. Posteriormente, é realizada a implementação dos métodos buscando identificar diferentes melhorias a serem concebidas e implantadas. Isto exige um processo de maturação da utilização dos métodos ao longo do tempo. Neste contexto, para uma análise de resultados mais detalhada exige um tempo considerável de operacionalização das melhorias. Entretanto, o tempo de implementação onde os resultados foram acompanhados envolveram um período curto de 5 meses. Portanto, a apresentação e discussão dos resultados levaram em consideração este curto período de tempo. Mesmo assim, algumas considerações relevantes são passíveis de serem feitas.

Entretanto, antes de apresentar a evolução dos resultados cabe uma discussão com relação aos resultados pretendidos na implantação do método proposto. A lógica perseguida pelo método é propor a flexibilização e, simultaneamente a redução de custos da Estamparia. Na implementação do método na empresa, a flexibilidade foi associada ao número de *setups*, ou seja, quanto mais *setups* a empresa realizar, em um determinado período, maior seria a sua flexibilidade. Já o custo foi associado essencialmente o IROG, ou seja, quanto maior o valor percentual do indicador, menor

seria a necessidade de recursos para produzir a produção requisitada pelo cliente. Contudo, a redução dos custos também poderia estar relacionada a outras possibilidades, como, por exemplo: redução de custos com ferramentais através da diminuição de quebras ou avarias; redução de custos associados a pessoas; redução de custos de manutenção. No entanto, os resultados associados a estas alternativas de redução de custos necessitariam de um prazo maior de operacionalização e avaliação. Portanto, uma medição básica associada com a implantação do método proposto seria a obtenção simultânea de um aumento no número de *setups* e no incremento do valor de IROG.

Assim sendo, este capítulo apresenta a evolução do indicador IROG, com um relato dos fatos e acontecimentos que, de maneira significativa, provocaram a sua melhoria. Após, é discutido a evolução do indicador de números de *setups*, demonstrando a sua tendência de melhoria.

#### 5.4.1 Evolução do IROG

Ao analisar a evolução do IROG, indicador importante para o custo operacional, houve uma evolução considerável, passando de 15% para 43% no período analisado na máquina definida como piloto, ou seja, máquina em que todos as etapas e passos foram primeiramente implementados. Em geral, considerando todas as máquinas da linha, a evolução do IROG foi de 14 pontos percentuais, passando de 24% para 38%, ocasionando uma melhoria de cerca de 58%.

A melhoria do IROG teve como primeiro passo o conhecimento e medição do valor real atual em que as máquinas estavam desempenhando. Neste ponto, foi identificado que o valor de IROG até então medido e monitorado possuía um erro de cálculo devido a algumas configurações atribuídas ao *software* do tipo MES que a empresa utiliza. Assim, com a utilização do Diário de Bordo (DB) foi possível realizar o cálculo do valor de IROG com uma melhor assertividade. Após serem observadas as correções de forma manual elas foram repassadas para o *software*.

Com o valor real do IROG conhecido e todos os passos da gestão do posto de trabalho implementados, a rotina de análise e reuniões foi iniciada. As primeiras análises realizadas, com base nos paretos elaborados com os motivos de paradas. Ao observar-se os dados verificou-se que o motivo de parada em função do *setup* não se apresentou como uma das principais causas de parada, assim como, usualmente

é esperado com base na literatura analisada. Entretanto, as análises apontaram para problemas associados com a manutenção, como pode ser observado na Figura 38.

Figura 38 - Pareto de motivo de paradas do CT 3280 na semana do dia 02/12/2019 a 07/12/2019.



Fonte: Arquivo da empresa.

Para solucionar estes problemas foi necessário o envolvimento do supervisor de manutenção para o desenvolvimento de um Plano de Ação abrangente para tratar do tema em cena. Este plano contou com uma série de manutenções corretivas programadas, além da designação de mecânico dedicados, em todos os turnos produtivos, para atender as necessidades da linha. Além disso, foi identificado que havia uma parcela de problemas que, ou eram causadas por erros operacionais, ou poderiam ser corrigidos pelos próprios operadores, por se tratar de problemas de baixa complexidade. Neste sentido, a equipe de manutenção começou a desenvolver uma série de treinamentos com os operadores com o objetivo de: diminuir erros operacionais; desenvolver uma verificação diária efetiva de pontos da máquina que poderiam prejudicar seu funcionamento; ampliar o conhecimento do pessoal do operacional para correções de problemas de baixa complexidade. Estes são procedimentos usualmente associados com o pilar intitulado de Manutenção Autônoma pelo TPM.

Outro trabalho, também realizado pelo setor de manutenção, foi a correção de anomalias crônicas que ocorriam nas prensas, especificamente no sistema de movimentação – sistema *transfer*. Foi detectado que este sistema possuía um erro com relação ao posicionamento dos *blanks* na posição de alojamento imediatamente antecessora a entrada da ferramenta, chamado pela empresa de ‘berço’. Para a correção deste problema, foi necessário o envolvimento de projetista para a construção de um ‘berço’ que gerasse uma amplitude maior de leitura para o sensor de presença de *blank*.

Todo o trabalho realizado em manutenção apresentou resultados significativos após 2 meses, como pode ser observado na Figura 39.

Figura 39 - Pareto de motivos de paradas do CT 3280 na semana do dia 24/02/2020 a 28/02/2020.

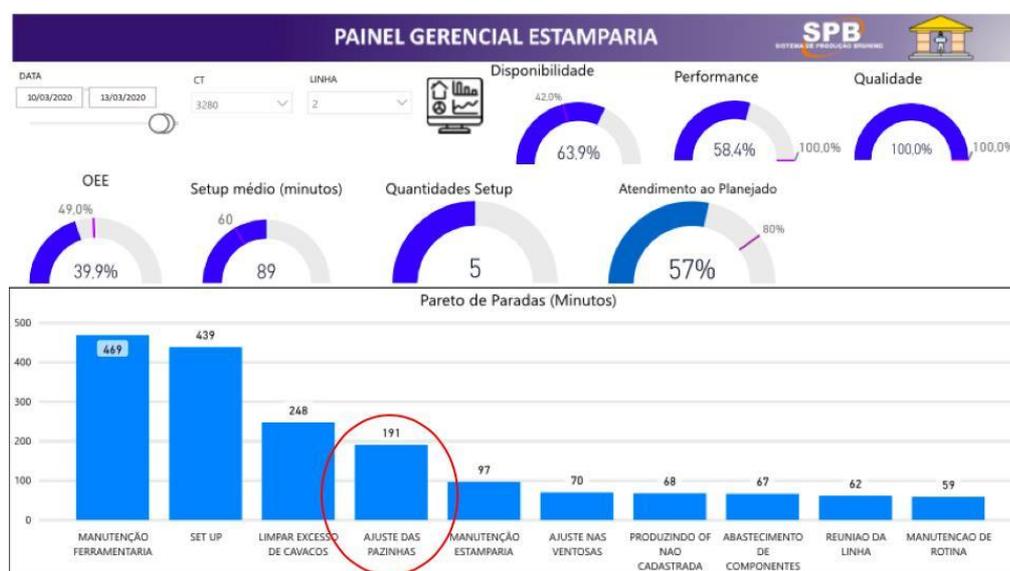


Fonte: Arquivo da empresa.

Os problemas de manutenção deixaram de ser um dos principais motivos de paradas, fato que contribuiu significativamente para o aumento do IROG. Ao analisar a Figura 39 é possível observar que o Pareto de motivos de paradas aponta para dois principais motivos. O *setup*, como era esperado na literatura, foi apontado como um dos principais motivos de paradas. Para a solução deste motivo de parada, os trabalhos de implementação das etapas de *Preset* e Troca Rápida de Ferramentas foram desenvolvidos, conforme previsto no método. Já com relação ao motivo de parada “Ajuste de pazinhas”, que como já mencionado trata-se do ajuste do sistema de movimentação das peças ao longo dos diversos estágios da ferramenta, foi identificado que esta necessidade acontecia, com maior frequência, no período do

início de produção, imediatamente após a realização do *setup*. Assim sendo, o motivo em questão estaria relacionado ao período de aceleração de produção (*run-up*). Buscando a redução de tempo deste motivo de parada a empresa, primeiramente, adotou o conceito de *setup* estendido. Para isto, foi estipulado que o *setup* terminaria somente após serem produzidas 10 peças de maneira ininterrupta e com a qualidade especificada. Esta ação buscava a alocação deste motivo de parada para o *setup*, pois a quantidade de ajustes necessárias neste período estaria relacionada a qualidade do *preset*. Desta forma, a equipe de *preset* tornou-se participativa, através do acompanhamento dos *setups*, para a redução deste problema e resultados puderam ser percebidos em pouco tempo – Figura 40.

Figura 40 - Pareto de motivos de paradas do CT 3280 na semana do dia 10/03/2020 a 13/03/2020.



Fonte: Arquivo da empresa.

Ao analisar a Figura 40 é possível identificar que o motivo de paradas 'Ajuste de pazinhas' reduziu consideravelmente, cerca de 500 minutos, mantendo valores similares de tempo em *setup*. O resultado considerável foi obtido com a substituição de componentes para aumentar o aperto necessário para que os sistemas de movimentação fossem retirados e colocados novamente em uso sem movimento relativo entre as partes que os compõe. Assim sendo, o ajuste necessário no início da produção foi reduzido, pois a montagem do sistema de movimentação tornou-se mais rígida. Devido a efetividade demonstrada pela melhoria, feita inicialmente em algumas ferramentas, foi elaborado um cronograma para sua aplicação em todas as ferramentas, tornando um padrão para a linha.

Outro fator que provocou, mesmo de maneira indireta, a evolução do IROG foi a implementação do *Heijunka* e do sequenciamento de produção. Ao ser implementado o nivelamento de produção, levando em consideração a atual situação do IROG da máquina, o tamanho dos lotes foi adequado de maneira a equilibrar a necessidade de entrega ao cliente com a capacidade de realização de *setups* da linha. Esta ação corrigiu dois problemas: um relacionado a execução de lotes grandes, estes que resultavam em várias horas produtivas, dificultando o atendimento do *mix* de produção; outro relacionado a lotes pequenos, que devido ao tempo de *setup*, diminuía a utilização dos recursos.

Além disso, o *Heijunka* permitiu que soluções relativamente boas de sequenciamento pudessem ser realizadas. Estas soluções, mesmo não gerando resultados significativos para a redução do tempo de *setup*, ocasionaram um nível interessante de planejamento e programação para todos os envolvidos no processo produtivo. As informações de planejamento e programação geradas na rotina de reuniões específicas para o assunto proporcionou otimizações como:

- Redução do tempo de espera por definições relacionadas a qualidade. Era comum que problemas de qualidades, no momento do início de produção, gerassem tempo de espera para definições. Com a programação de conhecimento de todos, peças que tinham a tendência deste tipo de problema era acompanhada por pessoal técnico da ferramentaria capacitado a realizar ajustes ou tomar decisões relativo a qualidade da peça;
- Preparação prévia de dois *setups* por cada máquina. Em caso de algum problema técnico que impedisse o processo produtivo de alguma peça, era comum se ter altos tempos de espera para a preparação de outro código para produção. Com o sequenciamento definido, a equipe de *preset* e demais operadores envolvidos podem preparar o material previamente para mais de um *setup* por máquina. Ou seja, um sequenciamento bem feito e definido permite a adoção de planos de contingência para a produção na Estamparia;
- Abertura de janelas para pequenas manutenções corretivas. Com o acompanhamento de mecânicos do processo produtivo, alguns problemas da máquina, que tendem a acarretar a parada de máquinas, eram realizados em momentos de *setup*. O sequenciamento de produção permite com que o mecânico saiba previamente do momento certo para a realização do seu trabalho.

Portanto, analisando os resultados da evolução do IROG, parece possível, ao menos provisoriamente a hipótese de que a implantação do método proposto ocasionou o aumento considerável do IROG. Embora análises estatísticas não sejam passíveis de serem realizadas, devido ao pequeno período de avaliação, o aumento de cerca de 14 pontos percentuais no IROG da máquina piloto, que corresponde a 58% de incremento, parece ter sido bem significativo. Ainda, é relevante considerar que os resultados obtidos partiram, não só da medição ao longo do tempo do IROG na máquina, como das causas de paradas, sendo as ações realizadas (Planos de Ação – PA's) daí decorrentes. Isto explicita o caráter científico da abordagem sugerida que leva a atacar os problemas concretos observados em cada caso.

#### 5.4.2 Evolução do aumento do número de *setups*

O aumento do número de *setups* é um resultado esperado do método proposto. É suposto que este incremento contribui significativamente para o incremento da flexibilidade, uma das intenções estratégicas mais relevante do método proposto. Além do mais, é esperado que o aumento no número de *setups* aconteça através da redução dos períodos de nivelamento provenientes do *Heijunka*. Assim, nesta lógica, quanto menor for período de nivelamento, maior a frequência de produção de um determinado código no mês e, conseqüentemente, maior será o número de *setups* na prática.

Entretanto, a lógica geradora do aumento do número de *setups* não foi possível de ser observada na prática no caso de aplicação de validação do método. Esta não ocorrência é justificada pelo espaço de tempo de observação não ter sido o suficiente para a realização desta avaliação. Aqui cabe destacar que no período de validação prática houve uma parada das atividades da empresa devido a pandemia gerada pelo vírus COVID-19. A duração desta parada das atividades, na linha escolhida para implementação do método, foi de 2 meses.

Contudo, o aumento no número de *setups* pode ser observado através da reavaliação dos períodos de nivelamento – Tabela 5.

Tabela 5 - Períodos de nivelamento projetados para o centro de trabalho 3280.

| Material   | CenTrab | Media   | Desv   | Qtd Mês nivelada | Tempo Prod. /dia | Tempo Prod. /semana | Tempo Prod. /quinzena | Tempo Prod. /Mês | Período de Nivelamento | Média de dias de estoque | Período de Nivelamento Projetado | Média de dias de estoque Projetado |
|------------|---------|---------|--------|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 94748673C  | 3280    | 2540,3  | 1910,8 | 4451,2           | 0,4              | 0,9                 | 1,5                   | 2,7              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 94748674C  | 3280    | 3068,0  | 837,2  | 3905,2           | 0,4              | 0,8                 | 1,4                   | 2,4              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 26234245C  | 3280    | 8772,0  | 3744,7 | 12516,7          | 0,9              | 2,3                 | 4,0                   | 7,5              | Mês                    | 30,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 26240444C  | 3280    | 7993,0  | 3294,7 | 11287,7          | 0,6              | 1,9                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 30,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 26240453C  | 3280    | 8112,7  | 3967,7 | 12080,4          | 0,6              | 2,0                 | 3,6                   | 6,9              | Mês                    | 30,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 2Q0805313C | 3280    | 17593,3 | 4210,0 | 21803,4          | 0,9              | 2,5                 | 4,4                   | 8,2              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 2Q0805314C | 3280    | 17173,3 | 4020,5 | 21193,8          | 0,9              | 2,4                 | 4,3                   | 8,0              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 52155806C  | 3280    | 1034,7  | 953,0  | 1987,7           | 0,7              | 1,2                 | 1,8                   | 2,9              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 52155807C  | 3280    | 1233,3  | 946,3  | 2179,7           | 0,7              | 1,2                 | 1,9                   | 3,2              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 26240447C  | 3280    | 7993,0  | 3294,7 | 11287,7          | 0,6              | 1,9                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 26240456C  | 3280    | 8112,7  | 3134,0 | 11246,6          | 0,6              | 1,8                 | 3,4                   | 6,5              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| CQ29482C   | 3280    | 18147,0 | 6639,7 | 24786,7          | 1,7              | 7,2                 | 14,0                  | 27,6             | Semana                 | 7,0                      | Semana                           | 7,0                                |
| 2QW803842C | 3280    | 20004,0 | 5012,8 | 25016,8          | 1,9              | 7,5                 | 14,3                  | 28,1             | Semana                 | 7,0                      | Semana                           | 7,0                                |
| 26224514C  | 3280    | 10296,0 | 1401,5 | 11697,5          | 1,3              | 5,3                 | 10,2                  | 19,9             | Semana                 | 7,0                      | Semana                           | 7,0                                |
| 94752249C  | 3280    | 4610,0  | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 94752249C  | 3280    | 4610,0  | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 94752253C  | 3280    | 234,3   | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 94752253C  | 3280    | 234,3   | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 94752254C  | 3280    | 234,3   | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 94752254C  | 3280    | 234,3   | 165,8  | 400,2            | 0,8              | 0,9                 | 1,0                   | 1,2              | Mês                    | 30,0                     | Mês                              | 30,0                               |
| 94752250C  | 3280    | 4610,0  | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |
| 94752250C  | 3280    | 4610,0  | 1650,9 | 6260,9           | 1,1              | 2,5                 | 4,2                   | 7,7              | Quinzena               | 15,0                     | Quinzena                         | 15,0                               |

Fonte: Arquivo da empresa.

Estes novos períodos foram definidos com base na melhoria do IROG observada, conforme previsto no método proposto.

Analisando os novos períodos de nivelamento projetados e comparando-os com os períodos presentes na versão anterior é possível observar uma redução de cerca de 2,1 dias da média de dias de nivelamento, passando de 22,8 para 20,7 dias. Esta redução, possível pela melhoria considerável do IROG, sugere um aumento da flexibilidade da linha ao tornar viável a produção em lotes menores. Cabe ressaltar que esta afirmação pode ser feita com maior convicção somente após a linha conseguir executar os períodos de nivelamento mantendo o nível de entrega e os turnos produtivos.

#### 5.4.3 Evolução da redução de custos

Embora o período de observação não possa ser considerado suficiente para que todas as reduções de custos fossem identificadas, o aumento no IROG trouxe um benefício a destacar: a redução de um turno produtivo em todas as máquinas onde o método foi implantado. A redução de um turno produtivo ocorreu após cerca de 5 meses do início da aplicação do método.

Ao calcular a economia gerada pela redução de um turno em todas as 4 máquinas onde o método foi implementado é possível constatar uma redução mensal de cerca de R\$ 95.193,60 considerando todos os custos com salários, encargos e demais custos relativos à mão de obra, como transporte, refeições e benefícios. Este valor representa uma redução de 33% do custo de mão de obra mensal da linha. Cabe ressaltar que aqui não foram computados valores relacionados a hora máquina, que estão relacionados aos custos de amortização de equipamentos.

Assim sendo, ao analisarmos a redução de custos relacionados a mão de obra, é possível afirmar que o método, ao proporcionar uma melhoria significativa no IROG, possibilitou a redução de um turno produtivo, mantendo o volume e nível de entrega. Portanto, o tempo de observação seja curto, o resultado alcançado manifesta que o método pode proporcionar uma redução significativa de custos de uma estamperia.

## **6 AVALIAÇÃO E REFINAMENTO DO MÉTODO PROPOSTO**

Este capítulo apresenta a avaliação e o refinamento do método proposto. Primeiramente é apresentada uma análise crítica do método proposto realizada com base na sua aplicação no ambiente prático. Posteriormente, com base na análise crítica, foi elaborado o método M1 contendo as modificações julgadas necessárias. Em seguida, buscando uma maior crítica e aderência à necessidade prática e conceitual de aplicação, o método M1 foi submetido a um grupo focal com diversos especialistas da área. Finalmente, embasado nas críticas do grupo focal do método M1, foi sugerido a última versão do método intitulado de M2.

### **6.1 Análise crítica do método M0**

De maneira geral, o método M0 apresentou boa aderência às necessidades de melhoria da flexibilidade e redução de custo na estamperia. A ordem cronológica de implantação das etapas parece fazer sentido no ponto de vista prático. Os passos de cada etapa, via de regra, também parecem fazer sentido. Entretanto, algumas modificações foram julgadas pertinentes e necessárias de serem feitas para aprimorar o método M0.

#### **6.1.1 Inclusão de uma etapa relacionada a manutenção**

A primeira alteração que se entende necessária está associada com a ausência de uma etapa formal relacionada a manutenção de equipamentos. Desde o início de implementação da etapa de Gestão do Posto de Trabalho, os diferentes paretos com os diferentes motivos de paradas já apontavam para paradas de manutenção como significativas. Muitas vezes, as paradas por manutenção eram se constituíam no maior motivo de paradas nas prensas. Esta necessidade tornou-se ainda mais clara e explícita quando no processo de implementação do método a empresa realizou o movimento de envolver o setor de manutenção para a construção de planos de manutenção corretivas para as máquinas. Neste sentido, o envolvimento mais ativo do setor de manutenção para a construção de planos de manutenção sugere a necessidade de implementação de um dos passos do TPM chamado de Manutenção Planejada (MP) (NAKAJIMA, 1988).

A inclusão de uma etapa específica e relacionada à manutenção ficou ainda mais evidente com a detecção de que vários motivos que geravam a parada de máquinas estavam relacionados a problemas de baixa complexidade e que poderiam ser solucionados com pequenas e simples intervenções realizadas pelos próprios operadores. A ação da empresa foi a capacitação dos próprios operadores para a detecção e disponibilização de ferramentas manuais para a correção destes problemas de baixa complexidade. Novamente, esta ação remete a outro pilar do TPM intitulado de Manutenção Autônoma - MA (NAKAJIMA, 1988).

A necessidade de uma etapa de manutenção ainda teve mais uma evidência no que tange a correção de anomalias crônicas da máquina. O fato ocorreu quando o setor de manutenção, buscando a correção de problema crônico que ocorria no sistema de movimentação da prensa, projetou e implementou uma solução para ampliar a leitura do sensor de presença de *blank*. Este fato mais uma vez pode ser relacionado ao pilar do TPM de Melhoria Focalizada - MF (NAKAJIMA, 1988).

Neste contexto, a inclusão de uma etapa específica para o desenvolvimento do TPM parece fazer sentido, já que, mesmo não fazendo parte do método M0, houve a necessidade de implementação de ações que estão associados a manutenção e que poderiam ser mais eficazmente tratados com a implantação dos passos de MA, MP e MF do TPM. Entretanto, para tornar mais objetivo e relacionado com a verdadeira necessidade do caso de implementação realizado, é proposto o desenvolvimento de somente dois pilares do TPM: Manutenção Autônoma – MA; Manutenção Planejada – MP. Supõe-se que estes dois pilares seriam suficientes para promover o aumento da disponibilidade e, conseqüentemente, do IROG no contexto estamperia.

#### 6.1.2 Inclusão de rotina de auditorias

Durante a implementação do método M0, como já relatado, uma das dificuldades foi manter as rotinas estabelecidas, fazendo com que todos os níveis hierárquicos seguissem as etapas e passos propostos. Entende-se que esta dificuldade era normal por se tratar de um processo de mudança na forma de trabalhar, com novas responsabilidades até então executadas pelos colaboradores. Neste contexto, uma importante ação da empresa, juntamente com a consultoria contratada, foi o desenvolvimento de auditorias cíclicas relacionadas a etapa de implementação do GPT. Neste contexto, foi desenvolvido um formulário contendo

diversos critérios que deveriam ser auditados, em um primeiro momento quinzenalmente, para verificar a aderência de todos os níveis de colaboradores da empresa com relação aos passos do GPT. Cada auditoria realizada tinha como resultado uma nota e, necessariamente, um Plano de Ação (PA) para os quesitos que não se encontravam de acordo com o padrão especificado.

Assim sendo, a inclusão de uma rotina de auditorias parece fazer sentido para o método como forma de buscar a sua sustentação e melhoria contínua. Entretanto, diferentemente do que foi desenvolvido pela empresa, a proposta seria desenvolver auditorias para cada etapa após a sua completa implementação. A proposta é que estas auditorias aconteçam com os critérios de cada etapa sendo incluídos ao longo de sua implementação. Dessa forma, ao final, a auditoria abrangeria todas as etapas do método e seguiria, com frequência definida, para garantir a sua manutenção.

### 6.1.3 Aumento da abrangência de critérios para focalização da produção

Na etapa de implementação do *Heijunka* e Sequenciamento de Produção, o método propôs a avaliação para a divisão de máquinas de alto e baixo volume (focalização da produção). Este passo foi fundamentado pela afirmação de Claunch (1996), que sugere que dedicar equipamentos para a produção de alto volume traria vantagens com relação a produtividade geral dos sistemas produtivos.

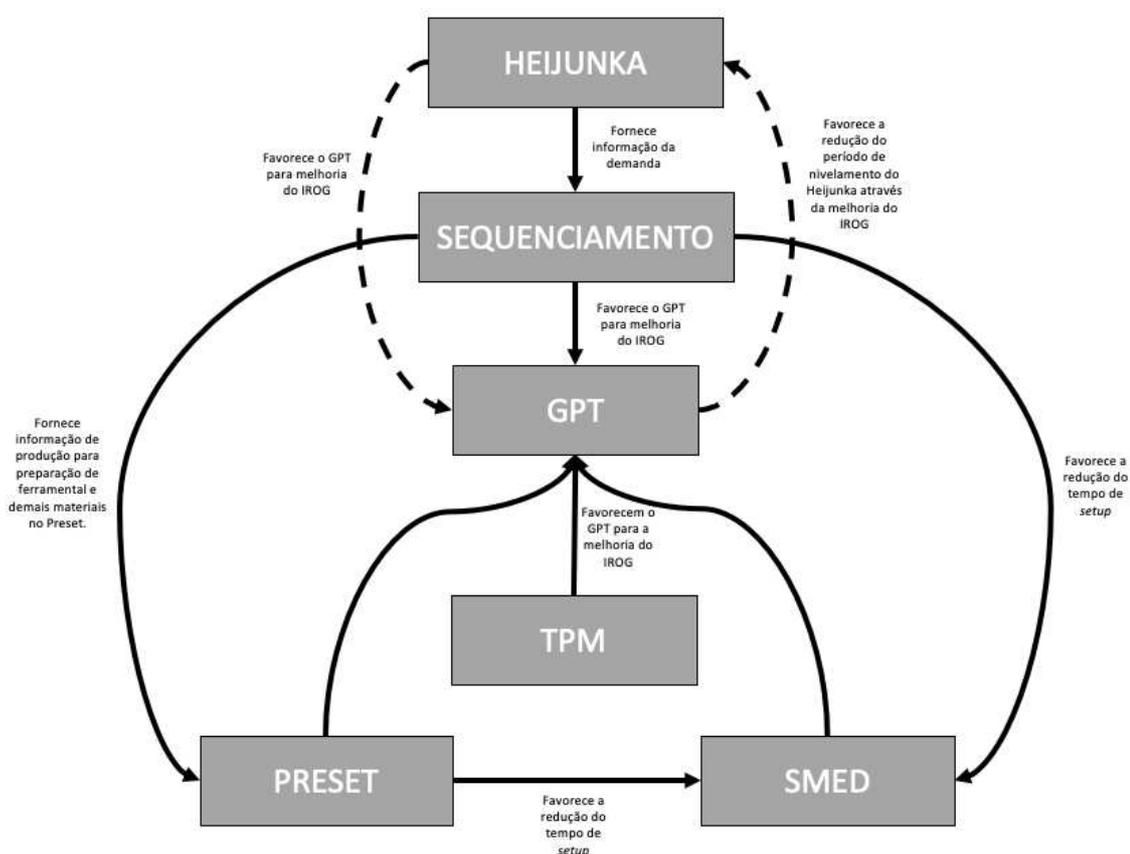
Entretanto, no processo de implementação do método foi observado que há mais critérios que podem ser considerados para a promoção da produtividade. Na empresa em cena foram observados fatores relacionados a estabilidade de produção de ferramentas e máquinas que tendem a influenciar no desempenho do sistema produtivo.

Assim sendo, parece mais lógico que esta avaliação não seja limitada somente ao volume de produção, mas a todos os fatores que podem promover a focalização de máquinas. Como resultado, estima-se o incremento do IROG médio das máquinas, havendo assim máquinas que são capazes de produzirem consideravelmente mais do que as restantes. Além disso, esta focalização tornaria claro as máquinas que necessitariam de intervenção para a promoção do IROG.

## 6.2 Proposição do método M1 com base na implementação do método M0

Com base na aplicação do método M0 somada a análise crítica de sua implementação é possível propor um método M1. Porém, uma nova relação conceitual entre os artefatos, adicionando o TPM conforme necessidade observada na aplicação do método M0, deve ser primeiramente definida. Esta relação, tomando como base de referência a já apresentada Figura 21, ocorreria conforme mostra esquematicamente a Figura 41.

Figura 41 - Framework base para o método M1 proposto.



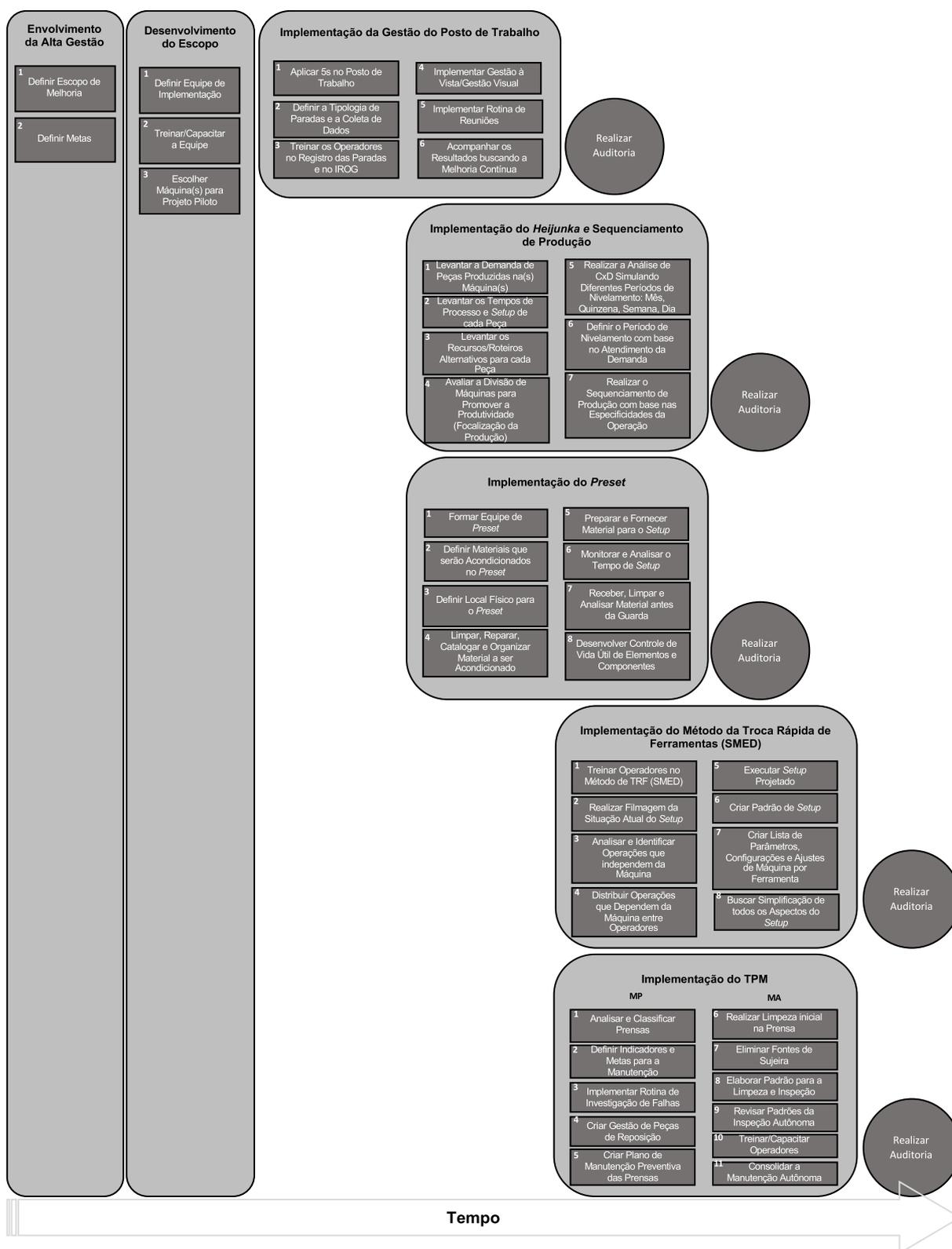
Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o framework da Figura 41 parece ser possível afirmar que o TPM teria uma forte relação com o GPT, pois foi através das análises do pareto dos motivos de paradas, feitas durante a aplicação do método M0, que observou-se a necessidade de inclusão do TPM.

Portanto, o método na sua versão M1 foi proposto. O método M1 é composto por sete etapas gerais, decompostos em 45 passos. Assim como no método M0, os

passos seguem uma lógica de aplicação, mas, em determinados casos, a implantação pode ocorrer de maneira simultânea devido a relação de independência entre eles. A Figura 42 apresenta o método M1.

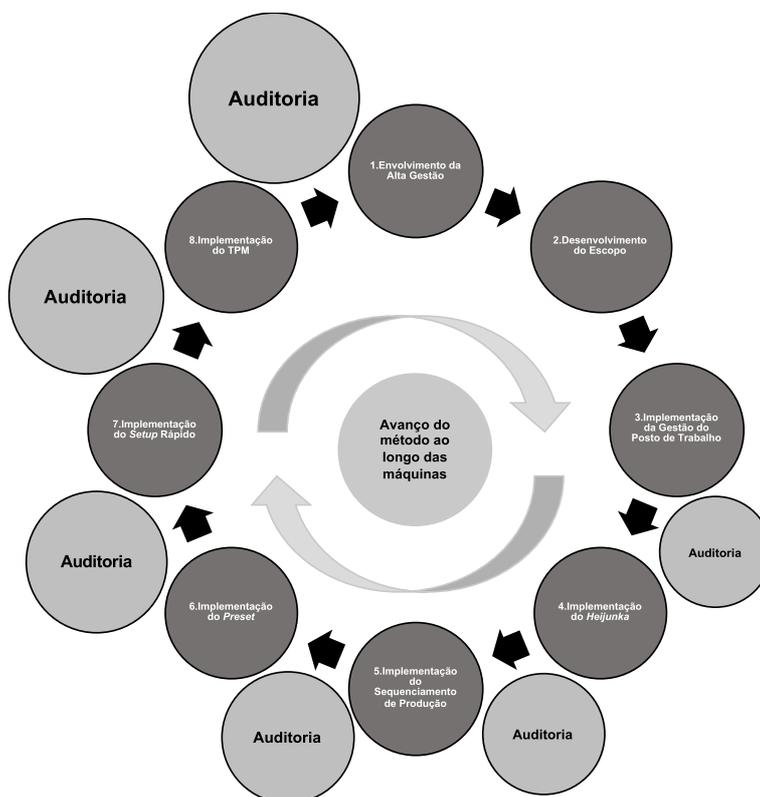
Figura 42 - Método M1 proposto para aumento da flexibilidade e redução de custos em estamperia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este método, de maneira análoga ao método M0, possui uma lógica de implementação através de diversos ciclos. Entretanto, com a proposta da inclusão de rotinas de auditorias, estas foram incluídas ao final de cada etapa – Figura 43.

Figura 43 - Ciclo proposto para implementação do método M1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A principal ideia é que estas auditorias, com o decorrer da implantação das etapas, tomem corpo adicionando critérios visando a aderência da rotina ao dia a dia da Estamparia. Assim, quando forem observadas não conformidades recorre-se a adoção de Planos de Ação visando a correção dos rumos da implantação e operacionalização das etapas do método.

Na sequência são detalhadas as etapas acrescidas ao método de auditoria e implementação do TPM, assim como a proposta de alteração do passo de divisão de máquinas visando a produtividade da etapa de *Heijunka*.

### 6.2.1 Implementação de auditorias para garantir aderência ao método

A etapa de implementação de auditorias, acrescidas ao método após cada etapa de melhoria implementada, visa garantir a constância evolução e aderência ao método geral proposto. Esta etapa é vista como fundamental. Isto porque a implementação das etapas e passos exigem uma rotina rígida e frequente em uma gama considerável de pessoas, cargos e setores relacionados ao dia a dia produtivo de uma Estamparia.

É proposta que as auditorias sejam realizadas com uma frequência maior no início de implementação de cada etapa até o atingimento de uma condição que esteja considerada adequada pela gestão. Elas devem ser realizadas por pessoal qualificado, que possua um conhecimento profundo do método, e que mantenha imparcialidade em relação aos resultados. A cada auditoria realizada, um Plano de Ação (PA) deve ser desenvolvido para a correção das não conformidades encontradas.

Após a estabilização e o amadurecimento do método na organização é proposto que as auditorias aconteçam em uma frequência menor com o intuito de garantir a manutenção do método. É sugerido, como forma de manter o engajamento dos envolvidos com o método, a promoção de algum programa de classificação e reconhecimento das equipes que atinjam e garantam a continuidade e os resultados que o método objetiva.

### 6.2.2 Implementação do *Heijunka* e Sequenciamento de Produção

Através da análise de aplicação prática do método, foi possível constatar a necessidade de abrangência do critério de focalização de máquinas por volume de produção. Entretanto, como a proposta até então realizada tinha como principal objetivo a promoção da produtividade, outros critérios, além da divisão por volume, foram observados na prática. Assim sendo, a atualização do passo 4 da etapa de implementação do *Heijunka* torna-se necessária para que esta abrangência de critérios, visando a produtividade, seja contemplada.

**Passo 4 – Avaliar a Divisão de Máquinas para Promover a Produtividade (Focalização da Produção):** Estima-se que a divisão de máquina considerando

fatores que possam influenciar na produtividade. A principal ideia deste passo é focalizar máquinas que possuam condições que favorecem a produtividade. Estas condições podem estar associadas com a estabilidade produtiva de máquinas e/ou ferramentas e/ou relacionadas ao volume produtivo. Com relação especificamente ao volume produtivo, este pode proporcionar benefícios no que tange a Lead Time e WIP, além de facilitar o sequenciamento de produção. Esta ideia baseia-se no fato de que, em Estamparias, há uma grande variedade dos volumes da demanda associada a uma soma de variáveis de processo. Assim, a focalização de um determinado conjunto de máquinas para produzir um dado mix de produtos que beneficie a produtividade pode aumentar consideravelmente a utilização média de recursos. Dessa forma, este conjunto de máquinas poderia estar menos sujeitas a necessidade de implementar a flexibilidade, devido ao número reduzidos de setups necessários, o que tende a acarretar a redução dos custos, devido à alta produtividade gerada pela estabilidade de processo. Para a divisão da demanda entre máquinas para promover a produtividade supõe-se o uso dos roteiros alternativos, levantado no passo anterior, e a capacidade do centro de trabalho. O refinamento e a definição desta divisão serão realizados nos passos seguintes. Cabe ressaltar que o desenvolvimento deste passo é possível somente quando o método estiver sendo aplicado tendo como base um conjunto de máquinas.

### 6.2.3 Implementação do TPM

Como constado na análise crítica da aplicação do método, há a necessidade de inclusão de uma etapa que contemple a melhoria da manutenção das prensas. Para isto, é proposto o uso do conceito do TPM ao método. Conforme Nakajima (1988) o TPM tem como principais objetivos a zero quebra e o zero defeitos. Assim como o *Presef*, o TPM busca atender as necessidades de um conjunto/grupo de máquinas. Para isso, é necessário o envolvimento, não somente do pessoal de manutenção, mas também de todo os profissionais da operação que atuam diariamente nas máquinas. Estamparias, com suas prensas de variadas capacidades e sistemas hidráulico, eletromecânicos e pneumáticos, podem possuir diversas fontes de problemas que, conseqüentemente, causam a parada das máquinas. Assim sendo, implementar o método e as ferramentas do TPM constitui-se um procedimento lógico para a condução da melhoria e aumento da utilização dos ativos.

Neste contexto, o método propõe o desenvolvimento de dois pilares que, objetivando o resultado, parecem fazer mais sentido no mundo estamparia: MP – Manutenção Planejada; MA – Manutenção Autônoma. Para o desenvolvimento destes pilares, são propostos os seguintes passos: (NAKAJIMA, 1988; SINGH et al., 2013; VENKATESH, 2005).

### *Manutenção Planejada*

**Passo 1 – Analisar e Classificar Prensas:** Com objetivo da focalização dos recursos para ações que gerem maior impacto na promoção do aumento da utilização de recursos em estamparias é proposto a realização de uma análise para classificação das prensas em 3 categorias (A, B e C). A categoria A refere-se às máquinas de maior importância no que tange a critérios tais como: atendimento da demanda, existência ou não de recurso backup, custo do equipamento ou outros que as tornem relevantes para a organização. Já a categoria B, sob os mesmos critérios, possui menor relevância do que a categoria A, acontecendo o mesmo para a categoria C em comparação com a categoria B. A definição dos critérios fica a cargo da empresa, embora existe literatura específica para esta ação (IRELAND; DALE, 2001; TADIĆL; TADIĆL; MARJANOVIĆL, 2007). É estimado que esta classificação guiará as decisões da manutenção para a alocação de recursos no desenvolvimento do planejamento de manutenção.

**Passo 2 – Definir Indicadores e Metas para a Manutenção:** o propósito deste passo é a definição de indicadores claros que a manutenção deve buscar com a manutenção planejada das máquinas. Cabe a empresa definir quais indicadores fazem sentido para a sua realidade. Entretanto, os usualmente adotados são: i) Tempo Médio entre Falhas (*Mean Time Between Failures* – MTBF); ii) Tempo Médio entre Reparos (*Mean Time to Repair* – MTTR); iii) Disponibilidade. Cabe observar que os objetivos perseguidos são o aumento do MTBR, a redução do MTTR e o aumento da disponibilidade. Ainda, a melhoria destes indicadores tende a gerar uma melhoria do IROG.

**Passo 3 – Implementar Rotina de Investigação de Falhas:** A rotina de investigação de falhas tem como objetivo a redução de paradas inesperadas do equipamento através da análise de causa raiz e, a partir daí, do desenvolvimento de planos de ação para a solução do problema identificado. Para a investigação das causas raízes é

sugerido a utilização de ferramentas da qualidade (por exemplo: o diagrama Ishikawa ou outra ferramenta de solução de problemas já utilizada pela empresa). A realização da rotina de investigação de falhas deve, necessariamente, acontecer nas paradas que gerem influência relevante no IROG. Neste sentido, é sugerido, como critério de inclusão, a realização de investigação de todas as paradas que ultrapasse duas horas.

**Passo 4 – Criar Gestão de Peças de Reposição:** máquinas como prensas são complexas. Isto porque possuem um conjunto de vários mecanismos, válvulas, rolamentos, sensores e demais itens que são necessários estarem em perfeito funcionamento para que o equipamento esteja em apto a produzir na qualidade desejada. Neste contexto, ter uma boa gestão de peças que possam apresentar falhas com o uso frequente da máquina torna-se fundamental para garantir que a máquina, mesmo em uma parada para manutenção corretiva, não fique indisponível por um longo tempo. Para a gestão das peças de reposição, primeiramente, deve-se buscar quais peças possuem maior risco de falha. Esta informação, em geral, é fornecida pelos próprios fabricantes das máquinas. Adicionalmente, é preciso realizar um estudo minucioso para a realização da gestão do inventário de peças visando, simultaneamente, ter o menor inventário possível de peças no estoque e garantindo o atendimento das necessidades das máquinas. Neste ponto, é sugerido que sejam considerados variáveis como custo, tempo de entrega para uma futura compra emergencial e criticidade da prensa para a decisão de compra das peças de reposição. Outro importante ponto é com relação a gestão e controle do estoque, pois as peças devem ficar em local controlado e endereçado.

**Passo 5 – Criar Plano de Manutenção Preventiva das Prensas:** é fato que garantir uma boa e efetiva manutenção preventiva de qualquer equipamento diminui o risco de quebras e, conseqüentemente, as paradas indesejáveis dos equipamentos. Ainda, paradas para a realização de manutenção corretiva possui uma tendência de gerar um maior custo de reparo. Assim sendo, a criação e gestão de uma manutenção preventiva em uma estamperia é fundamental para garantir a sua disponibilidade das máquinas, com custos adequados. A criação do plano pode, inicialmente, seguir as recomendações dos próprios fabricantes, que normalmente indicam a substituição de componentes com base em horas de uso. Porém, uma vez levantado os devidos indicadores de desempenho específico dos equipamentos estes planos podem ser aprimorados a partir da realidade de uso dos equipamentos. Assim, é suposto como saída deste passo um plano individual para cada prensa, respeitando a suas

características específicas, indicando as partes ou peças que devem ser analisadas e as que obrigatoriamente devem ser substituídas mesmo estando em atual perfeito funcionamento. É sugerido que as manutenções preventivas sejam agendadas, com base na perspectiva de uso do equipamento, previamente informando, principalmente, o setor de PPCP que deve reservar o tempo necessário em seu planejamento. Garantir a execução da manutenção preventiva no momento agendado deve ser uma prioridade de toda a empresa.

### *Manutenção autônoma*

**Passo 6 – Realizar Limpeza inicial na Prensa:** o passo que marca o início da manutenção autônoma em uma prensa busca garantir que a identificação de possíveis fonte de problemas. Limpar a máquina possibilita que componentes com vazamentos ou com desgaste sejam detectados. A limpeza inicial do equipamento deve ser tratada como o passo 1 – Aplicação do 5S – da etapa de Implementação da Gestão do Posto de Trabalho. Entretanto, neste passo partes ocultas da máquina devem ser descobertas e limpas. Este passo deve ser executado pelo time operacional da máquina, tornando o pessoal da manutenção suporte para o cumprimento da tarefa.

**Passo 7 – Eliminar Fontes de Sujeira:** a eliminação de fontes de sujeira é um passo importante para a detecção de futuros problemas na prensa. Fontes de sujeira, como pequenos vazamentos, podem dificultar a detecção de problemas que podem gerar quebras e, conseqüentemente, a parada não programada da máquina para conserto. Identificar e eliminar as fontes de sujeira da máquina devem ser uma rotina de operadores e dos manutentores.

**Passo 8 – Elaborar Padrão para a Limpeza e Inspeção:** a elaboração de padrões para a limpeza da máquina tem como objetivo garantir e sustentar a condição deixada após a realização dos passos 6 e 7. Além disso, o padrão servirá de base para a realização da rotina de auditorias que o método propõe. Já com relação ao padrão de inspeção, este serve de guia para operadores realizarem as verificações na frequência estabelecida pela manutenção. Assim sendo, o padrão para a inspeção deve ser uma instrução de trabalho, preferencialmente ilustrativa, que contenha todos os pontos de verificação e valores de referência, para elementos de medição de parâmetros de máquina, para que os operadores possam identificar e analisar a atual situação de cada componente determinado para inspeção. É sugerido que os pontos de

verificação também sejam sinalizados na própria prensa através de adesivos ou placas de identificação, facilitando assim a sua localização.

**Passo 9 – Revisar Padrões de Inspeção Autônoma:** Para garantir que os procedimentos de inspeção autônoma estejam de acordo com a prática e perfeitamente claro para o nível operacional, é proposto que todos os procedimentos sejam revisados através de acompanhamentos práticos. Esta revisão deve ser feita em conjunto com operador para garantir o entendimento dos profissionais no âmbito operacional. Além disso, é proposto que este procedimento seja constantemente reavaliado buscando a melhoria contínua das inspeções autônomas.

**Passo 10 – Treinar/Capacitar Operadores:** estando o padrão de inspeção concluído, é necessário que os operadores sejam treinados/capacitados para a execução das atividades de verificação. Para a capacitação, é sugerido que um treinamento conceitual básico do funcionamento de prensas e de seus sistemas e mecanismos, como válvulas, sensores etc. A capacitação deve ser realizada por pessoal qualificado e com conhecimento prático para que situações do dia a dia possam ser abordados. Neste sentido, o treinamento pode abranger a realização de consertos básicos e de baixa complexidade, aumentando assim, processualmente, a autonomia do operador e, conseqüentemente, reduzindo o tempo de paradas.

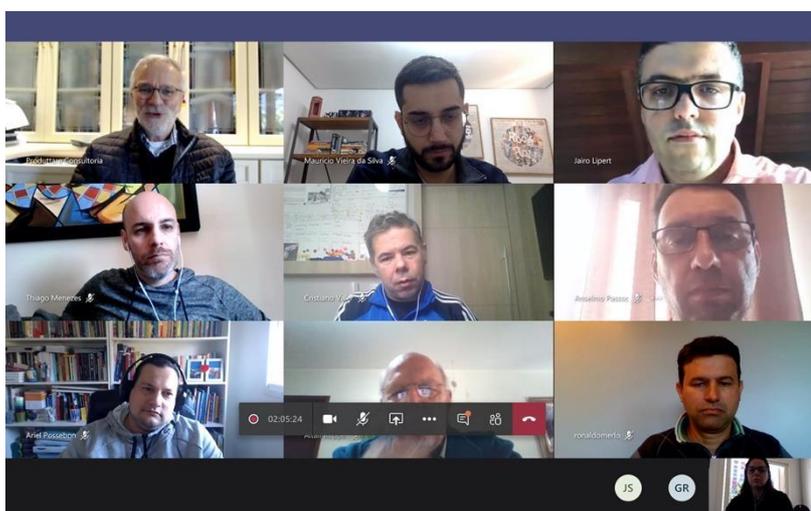
**Passo 11 – Consolidar a Manutenção Autônoma:** é proposto que a consolidação da manutenção autônoma se constitua em um marco de sustentação do programa implementado. Para isto, é proposto a realização de reuniões de acompanhamento de resultados, rotina de treinamento/capacitação para reciclagem dos operadores, além do contínuo envolvimento do nível operacional nas análises e planos de ação para correção de falhas. Assim, este passo sugere a perpetuidade da manutenção autônoma implementada através do envolvimento do operacional para a promoção da melhoria contínua da operação das prensas.

### **6.3 Crítica de especialistas ao método M1 – Grupo Focal**

Com o objetivo de tornar o método mais apto para propor o aumento da flexibilidade e a redução de custos em Estamparia foi realizado um grupo focal com especialistas capacitados para criticá-lo.

O grupo focal foi realizado com 8 participantes. Em um primeiro momento, o autor deste trabalho realizou uma apresentação de 20 minutos sobre o método proposto. Em um segundo momento, os participantes puderam criticá-lo quanto a suas etapas, passos e cronologia de implementação. Por motivos maiores decorrente pelo período de isolamento social vivido durante a pandemia do COVID-19, vírus que assolou o mundo durante o desenvolvimento deste trabalho, o grupo focal foi realizado virtualmente através de uma sala virtual de reuniões do Microsoft Teams – Figura 44.

Figura 44 - Captura de tela do grupo focal realizado.



Fonte: Gravação do grupo focal realizado.

O evento foi gravado com as devidas autorizações de todos os participantes. Através da gravação do grupo focal análises puderam ser feitas utilizando o software MaxQda. Ao todo, 53 trechos foram marcados e codificados. Após estes códigos foram segmentados em clusters possibilitando categorização em 11 códigos distintos e que deveriam ser analisados – Quadro 19. Além disso, também foram discutidos, ao final do evento, melhorias para a realização de grupos focais virtuais.

Quadro 19 - Categorias de códigos identificadas na análise da gravação do grupo focal.

| <b>Categorias</b>  | <b>Número de trechos codificados</b> |
|--|--------------------------------------|
| Contextualização do método                                 | 6                                    |
| Engajamento/Sustentação do método                          | 10                                   |
| Indicadores  | 6                                    |
| <i>Heijunka</i> x Sequenciamento                           | 6                                    |
| Desenho do método  | 11                                   |
| TPM  | 4                                    |
| Gestão da rotina   | 2                                    |
| Artefato 5s  | 3                                    |
| Acuracidade tempo ciclo                                    | 1                                    |
| Abordagem de otimização, movimentação e fluxo de materiais | 5                                    |
| Melhorias no grupo focal                                   | 1                                    |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a identificação das categorias, a análise dos trechos pôde ser realizada. Assim, a seguir é apresentada a discussão de cada categoria.

### 6.3.1 Contextualização do método

O método foi questionado quanto a sua contextualização por 3 participantes do grupo focal. Uma das preocupações levantadas foi que o método, que objetiva a solução do *trade-off* custo *versus* flexibilidade no contexto estamperia, estaria atuando somente na Função Operação (fluxo das pessoas e equipamentos no tempo e no espaço), deixando pontos importantes e significativos da Função Processo (fluxo dos materiais no tempo e no espaço), como planejamento da produção, e que seriam fundamentais para o problema que está sendo tratado. Neste ponto, foi exposto que o presente trabalho estaria inserido em um contexto de duas pesquisas, ambas orientadas pelo orientador deste trabalho: uma relacionada a planejamento e programação e a outra relacionada a melhoria operacional. Neste contexto, os dois trabalhos se somariam, de forma alinhada e interdependente, buscando soluções satisfatórias para o complexo ambiente de Estamperia no que tange as dimensões flexibilização, custo e entrega. Assim, foi discutido e sugerido pelo grupo que esta contextualização em que o presente trabalho está situado fosse explicitamente relatada no capítulo introdutório, especificamente na etapa de definição do problema.

Outro ponto discutido no grupo focal está associado com as possibilidades (e limitações) de generalização do método do método. Foi questionado se o método propõe a solução do problema para qualquer Estamperia ou para um tipo em específico de Estamparias. A discussão deste ponto conduziu para a necessidade de

tornar mais claro para qual classe de problemas o método proposto busca solucionar. Para isto, foi proposto dissertar mais sobre o tema, também na etapa de definição do problema, deixando claro a classe de problemas a solucionar que o método foi proposto. Além disso, foi consenso a necessidade de 'batizar' artefato proposto, ação esta que tornaria mais óbvia a proposta do método.

Assim sendo, as discussões relativas ao contexto em que o método estaria inserido levou a necessidade de revisar o capítulo introdutório do trabalho de forma a buscar uma maior clareza ao leitor da problematização e do propósito deste trabalho. Além disso, a discussão alimentou a necessidade de revisitar as delimitações definidas para este trabalho, excluindo questões associadas a engenharia como desenvolvimento de processos e ferramentas.

### 6.3.2 Engajamento e sustentação do método

Discussões a respeito da promoção do engajamento para a implementação do processo de melhoria e, posteriormente, a sustentação do método foram questões que tiveram destaque no grupo focal. O ponto central da discussão foi que, para promover o engajamento de todos em um processo de melhoria aplicado, necessariamente torna-se necessário um forte envolvimento das pessoas em todos os níveis organizacionais da Organização. De forma geral, houve questionamentos dos participantes de como o método promoveria tal tipo de envolvimento/engajamento.

Como forma de responder aos questionamentos dos participantes, foi explicado que o ponto chave que o método propõe para o engajamento era o envolvimento da alta gestão em todo o processo de implantação e operacionalização. Além disso, esta é uma etapa a ser considerada na fase inicial do processo de mudança e um elemento fundamental para o sucesso da adoção do artefato em cena. Da ótica empírica foi explanado pelo autor deste trabalho que, na aplicação prática do método, foram incluídos fóruns mensais com a participação da alta direção da empresa (Diretores e Gerentes), onde os resultados e planos de ação eram discutidos. Neste sentido, foi de comum acordo que os fóruns ajudariam na promoção do engajamento das equipes, e que, por se tratar de um elemento importante no processo e nas ações daí decorrentes, deveria estar explícito no método como um passo específico.

Ainda sobre o engajamento para a implementação do método, foi discutido, sobre o aspecto pessoas, que somente uma equipe multidisciplinar, associado a auditorias e treinamentos, não garantiria o engajamento necessário para um processo de melhoria. Neste ponto, foi explicado que fatores motivacionais e de gestão da mudança, além das competências no âmbito das *soft skills*, foram delimitações previamente feitas na pesquisa. Os participantes entenderam que o trabalho foi delimitado excluindo o aprofundamento deste tipo de discussão específica. No entanto, como este tipo de temática é intrínseca ao problema, uma discussão sobre estes aspectos, de forma mais geral, era necessária.

Já com relação a sustentação do método, após implementado, a etapa de auditoria foi amplamente questionada. Para os participantes, o método não trazia clareza quanto a retroalimentação do sistema, ou seja, após a realização das auditorias, como os pontos identificados não conformes seriam corrigidos. Neste ponto, foi explicado que as auditorias gerariam Planos de Ação (PA's) que seriam incluídos no plano geral de implementação do método. Os participantes entenderam a existência da rotina de retroalimentação do método, mas sugeriram a necessidade de torná-la clara no método, já que se trata de uma etapa fundamental para promover a eficácia da implantação. Segundo o participante 3 – Quadro 11 (pág. 125).

“...no método está claro a existência de somente 3 etapas do PDCA: o P com a etapa de definição do escopo; o D com as metodologias a serem implementadas; e o C com as auditorias. Entretanto, não há evidência do “Agir” no método.”

Outro ponto questionado com relação as auditorias foram quanto ao seu objetivo, a saber: i) se as auditorias objetivavam a obtenção de evidências a respeito do fato do o método estar sendo seguido; ii) ou se elas buscavam a verificação se os resultados estavam sendo atingidos. Quanto a isto, foi relatado que o objetivo era especificamente a verificação da aderência do método na prática. Já no que tange a evolução de indicadores com relação as metas seriam verificadas nas rotinas de reuniões estabelecidas, incluindo o fórum com a alta gestão. Aqui percebeu-se a necessidade de revisão da descrição da etapa de auditorias para tornar claro seu objetivo.

### 6.3.3 Indicadores

A discussão dos indicadores foi iniciada ao se questionar quais o método propunha utilizar para orientar o processo de melhoria. Aqui, foi explicado que os principais indicadores operacionais propostos seriam: i) o IROG representando o nível de utilização dos recursos; ii) o número de setups em um determinado período, que traria referência ao nível de flexibilidade. Em geral, embora tenha havido um entendimento do grupo que estes indicadores sugeririam a redução de custos e o aumento da flexibilidade, foi discutido que seria interessante a inclusão de outros de maneira a evidenciar o resultado da implementação, além de permitir a clareza de atuação dos Planos de Ação.

Neste contexto, alguns participantes do grupo propuseram a inclusão de indicadores específicos, como disponibilidade de máquina, tempo de setup, frequência de setup, e custo de setup por peça. Foi explicado que alguns destes indicadores, embora não explícitos no método, estariam descritos nas etapas de implementação dos métodos da TRF e do GPT. Entretanto, foi evidenciado pelo grupo a falta de indicadores específicos de custos, já que este seria um dos objetivos do método proposto. Neste ponto, ficou clara a necessidade de adição de indicadores relacionados diretamente a custos.

De maneira mais geral, um participante sugeriu a adoção de um sistema de indicadores. Haveria indicadores de primeiro nível associados a alta gestão e indicadores de segundo nível, desdobrados dos indicadores de primeiro nível, mais operacionais e utilizados no chão de fábrica. Sobre este ponto, parece fazer sentido no âmbito da implementação da melhoria, ter um sistema de indicadores claros e relacionados para a discussão nos diversos níveis hierárquicos. Além disso, ficou clara a necessidade da inclusão de indicadores financeiros no método proposto.

### 6.3.4 *Heijunka* versus Sequenciamento de Produção

Um outro ponto questionado por um participante do grupo focal foi com relação a desconexão encontrada entre *Heijunka* e Sequenciamento de Produção. Embora o participante entenda que o *Heijunka* seja uma importante base para o método, ele relata que o *Heijunka* estaria relacionado a uma produção do tipo 'puxada', enquanto o sequenciamento de produção, em geral, com a adoção de métodos tradicionais (por

exemplo: MRP/MRP II) remeteria a um sistema produtivo do tipo empurrada. Neste ponto, o autor deste trabalho não concorda com a afirmação exposta pelo participante, pois o *Heijunka*, embora comumente fazer parte do contexto de uma produção do tipo 'puxada' ao ser associado a outras metodologias, como o *Kanban*, por si só não é capaz de caracterizar tipo algum de sistema produtivo. Além disso, o sequenciamento, conforme proposto pelo método, visa principalmente a busca pela otimização dos *setups* sob a ótica de dependência de tempos de *setups* existente entre processos.

No contexto deste trabalho, o desenvolvimento do *Heijunka* entra como um método que visa amenizar a variação da demanda e possibilitar uma programação mais estável para a realização do sequenciamento de produção. No momento existe uma programação que depende sobremaneira do conhecimento tácito dos programadores, dos operadores e dos demais profissionais associados ao tema em cena. A promoção de um sequenciamento mais satisfatório da produção, com a utilização do método proposto, foi realizada e observada na prática e foi evidenciado uma redução do tempo total em termos de *setup*. Neste sentido, a melhoria relacionada ao *setup* contribuirá para o aumento do IROG e, como consequência, a revisão dos períodos de nivelamento do *Heijunka* visando a flexibilidade.

#### 6.3.5 Desenho do método

O desenho do método, ou seja, sua representação gráfica, foi amplamente discutida por todos os participantes ao longo do grupo focal. Em geral, as discussões foram relacionadas: i) a sua linearidade; ii) ao envolvimento da alta gestão somente no início do método; iii) ao entendimento das metodologias que seriam aplicadas a máquinas individuais e as que se aplicariam em um conjunto de máquinas; iv) a falta de etapa associada a qualidade; e v) a necessidade da existência de evidência da retroalimentação gerada pelas auditorias.

Quanto a sua linearidade, foi discutido que o método propõe uma ordem de aplicação de suas etapas. Porém, cada etapa pode possuir tempos e necessidade de variados ciclos para o sucesso de sua implementação. Foi relatado pelo grupo que o desenho do método traz uma ideia de uma implementação contínua e linear que tende a não representar o que acontece na prática da sua implantação. Para o grupo, implementar um processo de melhoria é complexo e não linear, pois cada ambiente responderia de maneira diferente as etapas e passos. Neste sentido, as colocações

do grupo parecem ser relevantes, apontando para uma necessidade de redesenho do método com o objetivo de expressar a não linearidade de um processo de melhoria.

Já com relação ao questionamento de que o método expressa um envolvimento da alta gestão somente na etapa inicial, foi explicado que este não era objetivo do método proposto. Na etapa de projeto do método, embasado pela literatura, foi verificado que o envolvimento da alta gestão seria algo fundamental para o processo de melhoria em todas as etapas do processo. Esta foi uma observação relevante evidenciando a necessidade de alteração do desenho desta etapa no método de maneira a deixar claro que a participação efetiva da alta direção deve ocorrer em todas as etapas de implementação.

Em se tratando ao entendimento das etapas que seriam implementadas para máquinas individuais ou um conjunto de máquinas, foi relatado que o esclarecimento desta dúvida foi feito ao longo da descrição do método. Entretanto, mais uma vez buscando facilitar a compreensão do método, entende-se que é possível expressar a divisão de metodologias que seriam aplicadas para máquinas individuais ou um conjunto de máquinas no desenho/representação gráfica do método. Esta ação tornaria claro o contexto de aplicação das metodologias.

Com relação a falta de uma etapa relacionada a qualidade, questionada no grupo focal por um participante, foi explicitado que, embora faça sentido e talvez seja necessário para o processo de melhoria para promover a redução de custos e a flexibilidade, este assunto não foi evidenciado pela literatura nas revisões sistemáticas realizadas por este trabalho. Além disso, na aplicação prática do método, problemas relacionados exclusivamente a qualidade não foram evidenciados, não aparecendo, de forma significativa, nas análises e, conseqüentemente, nos Planos de Ação. Contudo, parece razoável admitir que a colocação feita pelo participante pode ser relevante, principalmente em um contexto da busca pela generalização do método.

Por fim, a necessidade de que o método explicitasse a relação de retroalimentação que as auditorias devem promover para a correção e, conseqüentemente, da melhoria foi questionada significativamente pelos participantes. Este questionamento está associado a necessidade clara de uma rotina de sustentação do método discutida na seção 6.3.2. Assim, entende-se a necessidade da representação gráfica da realização de plano de ação relacionadas a auditorias.

### 6.3.6 TPM

Em se tratando de TPM os comentários, de uma forma geral, se concentraram a deixar claro que o método estaria limitado a desenvolver alguns pilares da metodologia. A preocupação dos participantes foi que o método por si só não desenvolveria a metodologia TPM, sendo este passível de ser percebido a partir de uma ótica mais abrangente como um sistema de gestão completo. Neste ponto, o autor deste trabalho procurou deixar claro que realmente este não é o objetivo do método proposto, e que a adição de algumas atividades da metodologia TPM foi necessária devido a aplicação prática apontar para esta necessidade.

Outro questionamento foi com relação ao critério para seleção de máquinas para aplicar a etapa de TPM proposta pelo método. Com relação a este comentário, ele não faz sentido pois o critério de seleção de máquinas que o método propõe estaria inserido em um contexto maior, presente na etapa de Desenvolvimento do Escopo. Conforme método, para tratar deste assunto da priorização foi adotado um conjunto de critérios variados, como, por exemplo, o fato de os recursos serem restritivos (gargalos) ou próximos a se tornarem restritivos (CCR's).

Um último ponto discutido com relação ao TPM foi com relação ao envolvimento dos operadores nos passos propostos de implementação. Foi de entendimento dos participantes que este envolvimento é importante para o sucesso da etapa de implementação do TPM, assim como todas as outras etapas. Entretanto, alguns não observaram esta importância na apresentação do método. Contudo, a participação dos profissionais associados diretamente a produção, principalmente nos passos da manutenção autônoma, está explícita no texto do método, pressupondo que os questionamentos ocorreram por má interpretação ou explicação não clara durante a apresentação do método.

### 6.3.7 Gestão da rotina

A gestão da rotina foi discutida principalmente sob o ponto de vista do envolvimento das áreas de apoio na implementação da metodologia. Um participante questionou como estas áreas de apoio estariam envolvidas no atendimento das demandas e as necessidades diárias do cotidiano. O método proposto traz momentos para que o apoio seja envolvido de maneira formal, além das tarefas rotineiras já

relacionadas a própria atividade de cada área. Estes momentos são as reuniões diárias e semanais descritas na etapa de Implementação da Gestão do Posto de Trabalho.

Ainda no sentido do relacionamento das áreas de apoio com método proposto houve a sugestão de formar uma cadeia de ajuda de maneira automatizada através do uso do sistema de coleta de dados, este que foi apontado pelo método como uma opção para ser usado. Entende-se que a sugestão é boa no ponto de vista de tornar mais rápido a comunicação entre as áreas. Entretanto, como o método busca propor uma solução mais genérica no contexto da Estamparia, a sugestão do participante estaria limitada a somente estamparias que possuam um sistema de aquisição de dados do tipo MES implementado. Porém, parece que propor uma cadeia de ajuda organizada e conhecida por todos pode ser conceitualmente desassociada a utilização de sistemas automatizados de coleta de dados. Assim, entende-se que parece ser benéfico ao método a inserção de um passo criação de uma cadeia de ajuda, com nomes, formas de contato e responsabilidades claras para um determinado tipo de problema. Este passo estaria inserido na etapa de Implementação do GPT e sendo antecedente ao passo 5 – Implementar rotina de reuniões.

#### 6.3.8 Artefato 5S

O 5S foi questionado por estar contido na etapa de Implementação da Gestão do Posto de Trabalho. Foi unanimidade, dentre os participantes, a importância desta metodologia. Assim, devido a sua relevância, foi sugerido que a implementação do 5S deveria ser considerada uma etapa específica do método. Esta sugestão também foi embasada na ideia de o 5S, por si só, ser um artefato. Com tal característica, sob o ponto de vista acadêmico, não pareceu correto para os participantes ele estar inserido em um outro artefato, que no caso do método proposto se trata do GPT.

Os questionamentos e sugestões dos participantes parece fazer sentido sob o ponto de vista teórico/prático, dando mais relevância para a implementação do 5S, e acadêmico, separando e tornando claro os artefatos utilizados para a proposta do método. Assim, parece fazer sentido a inclusão de uma etapa de implementação do 5S antes da implementação do GPT, consolidando o 5S como uma etapa inicial e fundamental para o método proposto.

### 6.3.9 Acuracidade do tempo de ciclo

A acuracidade de tempos de ciclo foi questionada por somente ser mencionada no passo 2 da etapa de Implementação do *Heijunka* e Sequenciamento de produção. Um participante relatou que a garantia de tempos de ciclo corretos interfere diretamente na correta medição do valor do IROG, sendo interessante a busca desta acuracidade ainda na etapa do GPT.

Os comentários parecem ser relevantes e podem sim gerar significativa influência na acuracidade da medição do IROG. Entretanto, entende-se que a busca pela assertividade dos tempos de ciclo estaria dentro da rotina de análise e desenvolvimento de planos de ação do GPT, onde as inconsistências destes tempos seriam identificadas pela avaliação do fator de  $\mu^2$  – eficiência operacional – que compõe o IROG. Assim, não parece ser relevante a inclusão de um passo específico para este ponto.

### 6.3.10 Abordagem de otimização, movimentação e fluxo de materiais

Um assunto amplamente discutido no grupo focal foi associado com relação a otimização de materiais. A discussão teve início quando um dos participantes comentou, através de uma experiência vivida em anos de trabalho em uma Estamparia, que a otimização de materiais, devido a matéria prima ser relevante no custo das peças, era o ponto central desta estamparia. Dessa forma, o participante relatou que nesta Estamparia teve toda a programação e sequenciamento de produção subordinada para a busca da otimização de materiais. Assim, este fato, se fosse uma realidade generalizada em Estamparias, colocaria em questionamento a etapa de *Heijunka* e Sequenciamento de Produção proposto pelo método. Entretanto, ao analisar a aplicação prática do método, este fato não foi identificado, mostrando que, embora a otimização de materiais ser relevante em um determinado contexto de estamparia, ele não pode ser generalizado.

Ainda com relação a otimização de materiais, foi discutido que esta necessidade em Estamparias pode fazer sentido, no mundo real, em determinados mercados para produtos específicos, com volumes muito pequenos somados a processos flexíveis de corte, como, por exemplo, corte laser. Entretanto, esta realidade não se aplicaria em mercados com volumes médios ou altos, e com

requisitos de qualidade elevados que necessitam de ferramentas de corte específicas, fato que ocorre nos mercados automotivo e rodoviário. Além disso, a necessidade ou não de otimização de materiais influenciaria essencialmente os passos de desenvolvimento de *Heijunka*, dificultando as atividades de nivelamento. Este fato tende a dificultar o sequenciamento de produção, embora não impeça a execução do mesmo. Neste contexto, talvez boas soluções de sequenciamento de produção sejam mais difíceis de serem encontradas devido a maior variabilidade do tamanho de lotes produtivos.

Outro ponto que foi levantado está associada com o tema da movimentação e fluxo de materiais. De acordo com um participante, devido ao dimensional de ferramental e ao grande fluxo de peças produzidas, haveria necessidade de inclusão de alguma etapa para o estudo de movimentação e, conseqüentemente, de melhoria de *layout*. Neste ponto, embora pareça relevante a busca contínua da melhoria do *layout*, o contexto estamparias, em geral, possui uma característica que torna a movimentação de máquinas difícil e, por conseguinte, cara: o tamanho e a estruturação de piso para instalação. Prensas são equipamentos que necessitam de uma série de requisitos para serem instaladas. Assim sendo, acredita-se que incluir uma etapa para estudo de fluxo produtivo, embora potencialmente possa trazer bons resultados, estaria fora do objetivo deste método, pois requisitaria em um alto custo e com um retorno mais a longo prazo. Esta discussão parece fazer mais sentido em estudos de focalização, através do uso de tecnologia de grupo, com o intuito de otimizar o fluxo produtivo da fábrica como um todo.

#### 6.3.11 Melhorias potenciais no que tange a atividade do Grupo Focal

Ao final do grupo focal foi questionado aos participantes como havia sido o evento e se existiam pontos que pudessem ser melhorados. Este questionamento é relevante sob o ponto de vista metodológico, já que um grupo focal realizado em uma sala virtual não é uma prática usual.

Foi unânime que a adoção de um encontro virtual foi uma prática que possibilitou a inclusão de participantes que, em um evento presencial, não conseguiriam estar presentes. Uma evidência para esta afirmação foi a participação de um especialista que estava em outro país.

Outro ponto discutido como relevante foi a possibilidade de uso do *chat* presente na ferramenta de reunião e que foi utilizado de forma espontânea pelos membros do grupo focal. Os participantes apontaram que ele foi muito útil para comentários que ocorreram durante as discussões, estimulando e ampliando consideravelmente o debate no interior do grupo focal. Dessa forma, a utilização do *chat* traria uma vantagem com relação ao grupo focal presencial. Assim sendo, esta prática poderia ter sido explicitada no início do evento, tornando a sua ocorrência independente do grupo participantes.

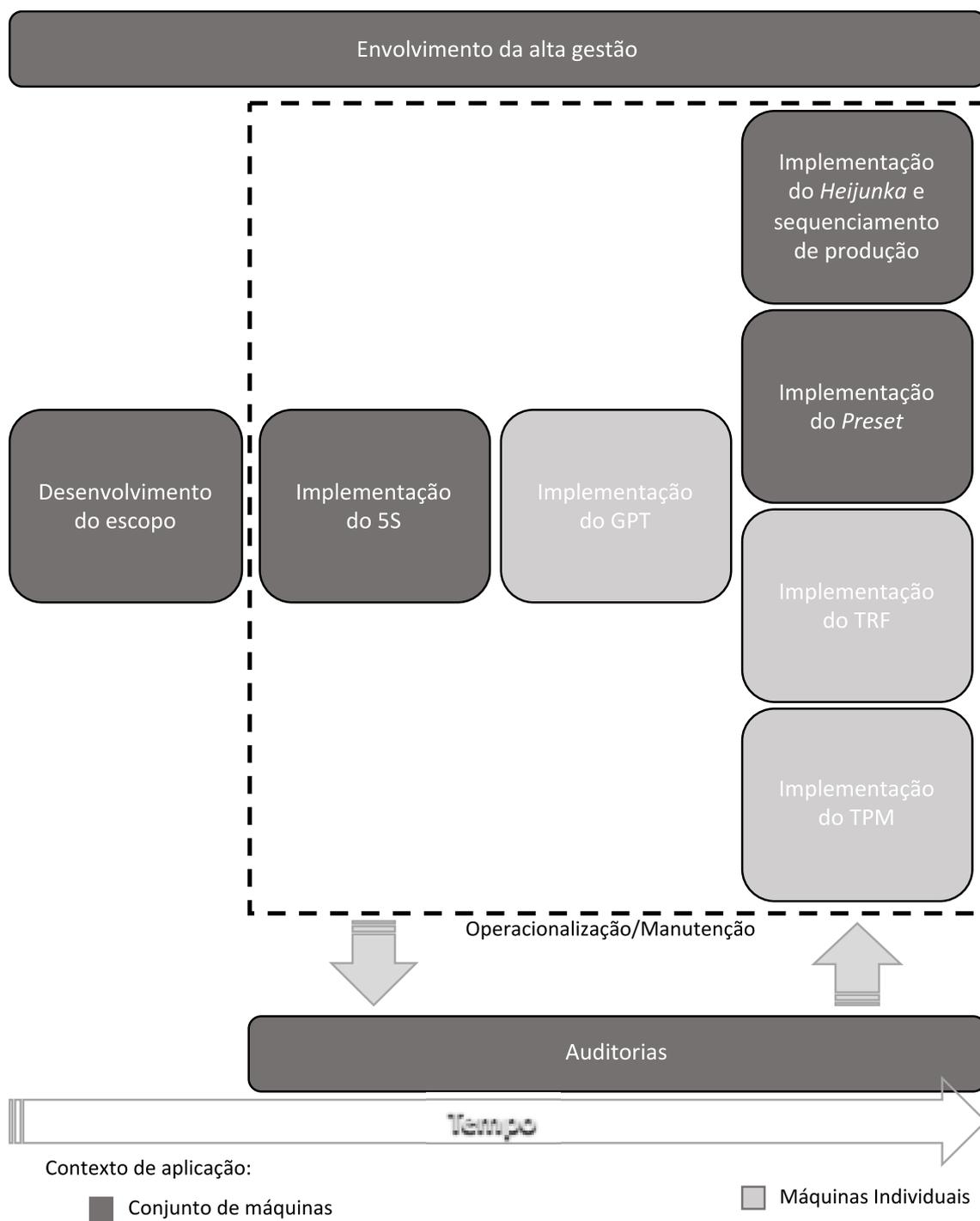
Outro ponto de melhoria que foi discutido foi com relação ao uso da câmera. De acordo com uma participante, com experiência profunda em metodologia de pesquisa, um ponto importante no grupo focal é a avaliação de expressões não verbais. Estas expressões podem servir de subsídio para análise do observador. Neste ponto, seria necessário que todos os participantes mantivessem suas respectivas câmeras sempre ativadas, fato este que não ocorreu no grupo focal realizado. Além disso, o *software* utilizado possuía uma limitação de visualização de somente 9 participantes. Portanto, para a gravação e posterior avaliação das expressões não verbais de todos os participantes do evento, seria necessário a utilização de outro *software* de reunião virtual que permitisse a visualização de todos, além de requisitar, no início do evento, que a câmera fosse mantida sempre ativada.

#### **6.4 Proposição do método M2 com base nas críticas de especialistas ao método M1**

Com base nas críticas e discussões realizadas no grupo focal com especialistas foi proposta uma nova versão do método intitulada de M2. A nova versão buscou abranger todos os pontos que foram julgados pertinentes para a melhoria do desempenho do artefato tendo em vista o equacionamento satisfatório da questão em cena.

Como sugestão proveniente do grupo focal, o método M2 foi nomeado como: Método de Melhoria Integrado de Estamparias – MIE. O MIE – Figura 45 – possui 52 passos distribuídos em 9 etapas distintas.

Figura 45 - Método de Melhoria Integrado de Estamparias – MIE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência são detalhadas as modificações realizadas para a proposta do MIE.

#### 6.4.1 Envolvimento da alta gestão

As críticas do grupo focal apontaram para dois fatores: i) a necessidade de indicadores mais claros e relacionados; ii) tornar mais claro o envolvimento da alta gestão ao longo de todo o processo de implementação, operacionalização e manutenção do método. Com relação ao primeiro fator, o método M1 já trazia um passo específico para elaboração de metas. Entretanto, nenhum passo para a criação de um sistema de indicadores. Para suprir esta necessidade, é proposta a criação de um passo, anterior a definição de metas, para criação do sistema de indicadores.

No que tange a explicitação e formalização no método quanto ao envolvimento da alta gestão ao longo de todas as etapas do método foram propostas duas alterações para melhoria do método. A primeira está relacionada especificamente ao desenho do método onde foi explicitado que o Envolvimento da Alta Gestão necessita ocorrer ao longo da linha de tempo, ou seja, sendo permanente e sistemática ao longo das diferentes etapas do método. Uma segunda ação se refere a inserção de um passo visando instituir um fórum, com a participação do corpo diretivo e gerencial da empresa, onde os resultados associados ao sistema de indicadores e seus desdobramentos sejam apresentados e discutidos criticamente, que os Planos de Ação daí desdobrados sejam formalizados e acompanhados.

Portanto, entende-se que as alterações sugeridas suprem as lacunas levantadas durante a realização do Grupo Focal, proporcionando respostas para os questionamentos que surgiram a partir da avaliação crítica dos especialistas. Assim sendo, os passos adicionados são detalhados a seguir.

**Passo 2 – Criar Sistema de Indicadores:** É possível afirmar que indicadores claros e objetivos são fundamentais para as empresas de uma forma geral. Neste sentido, os indicadores devem expressar o foco e objetivo construídos no âmbito da estratégia proposta. Assim sendo, é proposto que este sistema de indicadores seja formado por indicadores de primeiro e segundo nível. Com relação aos indicadores de primeiro nível, os indicadores estratégicos, é proposto o uso de custo por peça, obtido com a soma de todos os custos operacionais da linha (mão de obra e hora máquina) dividido pelo número total de peças produzida, custo da mão de obra e custo de manutenção de máquina e ferramental, fechando um conjunto de indicadores que sinalizam para a redução dos custos globais da operação. Já os indicadores de segundo nível seriam

formados por indicadores operacionais associadas as dimensões flexibilidade e custos. Um indicador síntese é o IROG adotado para todas as máquinas consideradas críticas na Estamparia. Uma vez aumentado o IROG pode-se estar certo da melhor utilização dos ativos da empresa. Ainda, um aumento do IROG, em situações onde a capacidade de produção é menor do que a demanda, permite aumentar o número de *setups*, o que melhora a flexibilidade da Estamparia, sem a necessidade de aquisição de novos ativos ou ativar novos turnos de trabalho. No que tange a melhoria da flexibilidade o indicador básico refere-se à redução dos tempos médios de preparação (*setup*) das máquinas, em particular. Ainda, um indicador importante, considerando o número de *setups* globais, é o tempo total de *setup* das máquinas controladas, calculado pela multiplicação do número de *setups* vezes os tempos de *setup*.

**Passo 4 – Instituir Fórum de Direção:** Estima-se que tornar a alta gestão/alta direção responsável pela condução estratégica do MIE é essencial. Além de patrocinar a implantação do método financiando o que é necessário, a alta direção apoia efetivamente a implantação e operacionalização das diferentes etapas sendo responsável, também, pelo acompanhamento crítico do sistema de indicadores. Portanto, criar um fórum, aqui proposto com frequência/periodicidade mensal, é central para o efetivo envolvimento do corpo diretivo e gerencial e, conseqüentemente, a partir da efetiva participação das decisões, torná-los diretamente responsáveis pelos resultados econômico-financeiros e técnicos envolvidos. Neste Fórum são apresentados os resultados do último mês juntamente com as ações projetadas, tanto para a melhor implantação do MIE, como para a melhoria contínua dos resultados medidas pelo sistema de indicadores. Importante ressaltar que as discussões críticas devem apontar para as eventuais mudanças necessárias em termos estratégicos e táticos.

#### 6.4.2 Implementação do 5S

A metodologia 5S foi entendida pelos especialistas como relevante no Adicionalmente, sua utilização no contexto do MIE foi questionada, dado que na versão M1 o 5S estar sendo tratada como um passo da etapa de Implementação da Gestão do Posto de Trabalho (GPT). Assim, buscando a resposta para estes questionamentos foi proposto que a metodologia 5S seja considerada uma etapa

específica do MIE. Neste sentido, entende-se que, devido a esta metodologia ser reconhecida como base para a melhoria operacional, a Etapa de Implementação do 5S foi adicionada em uma etapa anterior a do GPT, tornando-se a primeira etapa de melhoria a ser aplicada a nível operacional. Assim sendo, os passos para Implementação do 5S são descritos a seguir.

**Passo 1 – Treinar Equipe Operacional:** O treinamento do time operacional na metodologia 5S é importante para o entendimento e, conseqüentemente, para facilitar a sua aplicação prática. Assim, é proposto que todo o time operacional receba um treinamento básico da metodologia. Este treinamento pode ser realizado em poucas horas e, devido a sua simplicidade, pode ser ministrado por profissionais que tenham o conhecimento profundo da metodologia. Neste sentido, é sugerido que o treinamento seja realizado pelo próprio gestor da linha, de forma a torná-lo uma figura ativa na aplicação da metodologia.

**Passo 2 – Realizar Intervenção:** Estando todos treinados, é proposto que uma intervenção de melhoria seja realizada pelos próprios operadores. Neste evento, é realizado em um dia específico por toda a linha produtiva, transformando este dia em um marco para a aplicação do método. Na intervenção, os 3 primeiros S's devem ser colocados em prática. Inicialmente, deve-se selecionar todo o material, presente na linha, que seja, por consenso de todos, verdadeiramente útil no dia-a-dia de trabalho. Na sequência toda a área produtiva deve ser limpa. Finalmente, o material reconhecido como essencial deve ser organizado, buscando a identificação de seus locais de armazenamento. É pretendido, que ao final da intervenção, a linha esteja limpa, organizada e com todo material útil com seu local de guarda identificado.

**Passo 3 – Criar Padrões:** A criação de padrões é pretendida para que a organização alcançada no passo anterior seja mantida. Neste sentido, os padrões consistem em uma documentação onde a disposição e identificação de material realizada no passo 4 sejam registradas e disponibilizadas para a linha. Assim, a documentação criada servirá como base de informação de operadores e gestores, além de serem utilizados para a realização das auditorias do método.

**Passo 4 – Criar Rotina de Manutenção dos Padrões:** criar uma rotina para manutenção do padrão de organização e limpeza é fundamental para consolidação da etapa de Implementação do 5S. Assim, a rotina proposta é fundamentada na definição de tarefas e na respectiva divisão de responsabilidades, além do

estabelecimento de uma agenda para que estas tarefas sejam realizadas. É pretendido, como saída deste passo, um cronograma de tarefas, com dias definidos para a sua execução, além da responsabilização clara de quem deve executá-las.

#### 6.4.3 Implementação da Gestão do Posto de Trabalho

Na avaliação do grupo focal, somente um ponto foi questionado quanto a etapa de implementação do GPT e que se refere a explicitação de como o método era relacionado as áreas de apoio. Neste ponto, foi entendido que, que no âmbito do MIE seria interessante a inclusão explícita de um passo específico para desenvolvimento de uma cadeia de ajuda. Entende-se que este passo tornaria clara a responsabilidade de cada área de apoio quanto ao seu atendimento no dia-a-dia produtivo. Além disso, conforme comentado no grupo focal, esta cadeia de ajuda pode evoluir, dentro do possível, para um acompanhamento e sinalização *online* para as áreas de apoio da necessidade de intervenção. A seguir, o passo adicionado é detalhado.

**Passo 5 – Criar Cadeia de Ajuda:** A criação da cadeia de ajuda é importante visando tornar claro a divisão de responsabilidades e o atendimento da linha. Esta cadeia esclarece o papel de cada área de apoio para a busca do perfeito andamento da linha. Para a sua criação, é sugerido que seja nomeado, para cada área de apoio, as pessoas e contatos que seriam as referências para contribuir e apoiar nas necessidades da linha. Além disso, é proposto que seja especificado tempos para o escalonamento do atendimento necessário. Ou seja, definir-se com clareza os tempos de atendimento de um dado problema para cada camada de gestão, sendo que se não resolvido o problema no tempo considerado ele deverá ser escalonado para um nível hierárquico superior. Como saída deste passo é esperado um documento, de conhecimento e disponível a todos os envolvidos no operacional, que contenha os nomes e contatos das áreas de apoio, com a respectiva política de escalonamento.

#### 6.4.4 Implementação de auditorias

A etapa de auditorias foi questionada no grupo focal principalmente com relação a falta de clareza no que tange retroalimentação que esta deveria gerar no

método. Para os participantes, o desenho do método deveria conter o retorno que esta etapa deve provocar, relacionando-o assim à uma lógica de PDCA, onde o “C” seria a auditoria e, conseqüentemente, o “A” a ação para correção. Além disso, os especialistas explicitam dúvidas quanto ao objetivo das auditorias, indagando se elas eram realizadas para buscar a operacionalização e manutenção do método ou para a melhoria dos resultados.

Neste contexto, para responder as dúvidas levantadas pelos especialistas, a proposta foi, primeiramente, tornar a etapa de auditoria a base do método, expressando assim a importância para a sua operacionalização. Em segundo, para deixar claro o verdadeiro objetivo das auditorias, foi incluído um passo para elaboração de formulário de requisitos que servirá de base para as auditorias, tornando assim claro os pontos a serem auditados. Por fim, para garantir a retroalimentação que esta etapa deve gerar, foi adicionado um passo exclusivo para criação de Plano de Ação (PA), buscando a correção das não conformidades encontradas na auditoria.

Sendo assim, os passos adicionados ao método são detalhados a seguir.

**Passo 1 – Criar Formulário de Requisitos:** Requisitos claros é uma necessidade evidente em uma auditoria. Assim sendo, formular estes requisitos, de maneira a abranger todas as etapas de implementação do método MIE torna-se uma atividade essencial. É proposto que o formulário de requisitos, que será utilizado para a realização das auditorias, tenha 6 partes, onde cada parte é focada nas etapas de implementação do 5S, GPT, *Heijunka* e Sequenciamento de Produção, *Preset*, TRF e TPM. Dessa forma, as auditorias podem ser realizadas em momentos distintos, variando, principalmente, conforme o avanço da implementação das etapas.

**Passo 2 – Realizar Auditorias:** A realização das auditorias deve ser feita por pessoas qualificadas, com um conhecimento conceitual abrangente, além de um conhecimento específico do método MIE. É sugerido que as auditorias aconteçam em maior frequência no período de implementação das etapas, incrementando os critérios com a evolução do avanço do método. Após a implementação, é sugerido que elas ocorram em frequência estabelecida previamente pelos gestores. A rotina destas auditorias ajudará na manutenção do método ao longo do tempo.

**Passo 3 – Criar Plano de Ação para Correção de Não Conformidades:** Ao término de cada auditoria é fundamental, para a garantia da correção das não

conformidades e, conseqüentemente, promoção da melhoria contínua, que planos de ação (PA's) sejam formulados. A criação dos Planos de Ação e, por conseqüência, a execução das ações deve ser de responsabilidade do time operacional, estando a equipe implementadora em um papel de facilitador para este fluxo. É sugerido que a gestão dos PA's seja acrescida na rotina de reuniões do GPT, quando esta já estiver estabelecida.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, o trabalho tratou de explicitar a existência do *trade-off* custos *versus* flexibilidade o que foi feito através da adoção de análise da literatura realizadas (BOYER; LEWIS, 2002; GRÖSSLER; GRÜBNER, 2006; HALLGREN; OLHAGER; SCHROEDER, 2011). Este fato, por si só, já proporciona relevância deste trabalho ao buscar por uma solução para este problema. Em um segundo momento, ao pesquisar na literatura estudos que contribuíssem na caracterização do objeto Estamparia, foi possível identificar que este tipo de processo, somente devido as atividades de movimentação e ajustes de ferramentas, acarreta uma complexidade expressiva em termos de gestão (OPRITescu et al., 2019; RAWLINSON; WELLS, 1996). Além disso, a complexidade de estamparias decorre da adoção usual de layouts do tipo funcional (OPRITescu et al., 2019; WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991), dos tempos elevados *setup* (WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991), lotes consideráveis de produção, como o uso de lotes econômicos, com o intuito de aumentar a utilização de recursos (ROY; MEIKLE, 1995), e o cumprimento das demandas internas, demonstrando da necessidade de estamparias abastecerem processos posteriores como solda, montagem e pintura das fábricas (OPRITescu et al., 2019).

No contexto formado pela literatura analisada, as soluções para o *trade-off* em questão estaria contido nas seguintes classes de problemas: i) o uso do **Sequenciamento de Produção**, buscando o aumento da produtividade através da otimização das operações de *setup* (BERRY; COOPER, 1999; CHOU; TEO; ZHENG, 2008; MOHANAVELU; KRISHNASWAMY; MARIMUTHU, 2017; SUN, 2013); ii) busca pela **Redução do Tempo de Setup**, possibilitando o aumento do número de *setups* sem alteração de custos (CLAUNCH; STANG, 1989; ROY; MEIKLE, 1995; SHINGO, 1985; WILLIAMS; MITSUI; HASLAM, 1991; BERRY; COOPER, 1985); iii) **Redução do período de aceleração da produção**, devido a sua representatividade na operação de *setup* (GEST, 1995; SHINGO, 1985) ou na porção do tempo imediatamente posterior ao *setup* (MCINTOSH; CULLEY; MILEHAM, 2000; MILEHAM et al., 2006); iv) **Aumento da Utilização dos Recursos** para diminuir o desperdício e a necessidade de investimento em ativos (ANTUNES et al., 2008; SHINGO, 1985).

Com as classes de problemas identificadas uma nova análise da literatura foi realizada. Esta análise possibilitou o entendimento de quais seriam os artefatos que estariam associados a cada classe de problemas. Assim sendo, foram identificados

os seguintes artefatos: i) GPT estaria ligado ao **Aumento da Utilização de Recursos**; ii) SMED/TRF estando ligado a **Redução do Tempo de Setup**; iii) *Preset* associado mais significativamente a **Redução do período de aceleração da produção**; iv) *Heijunka* sendo importante para a execução do **Sequenciamento de Produção**. Cada artefato foi analisado criticamente com o objetivo de gerar conhecimento do cenário de aplicação – em máquinas individuais ou em um conjunto de máquinas – e etapas ou passos para implementação.

Ao término do conjunto de estudos e análises realizados foi possível a construção de um *framework* base para a proposta do método. Este *framework* possibilitou a identificação da relação sistêmica existente entre os artefatos, apontando para uma possível ordem de implementação. Entretanto, além dos artefatos identificados, a análise da literatura mostrou a importância de algumas etapas para a promoção da melhoria, como o envolvimento da alta gestão de forma a sustentar a sua implementação e operacionalização. Posto isto, com base no contexto formado foi proposto o método.

O método M0 proposto foi estruturado em 6 etapas distintas, visando uma melhor organização e entendimento dos seus importantes marcos. Além disso, cada etapa foi decomposta em passos lógicos de implementação, formando um total de 34 passos. Ter uma ordem clara e lógica de aplicação foi uma premissa perseguida pelo método. Entretanto, em certos casos, alguns passos poderiam ocorrer de maneira simultânea. Ademais, o método foi proposto com a ideia de que sua implementação ocorresse em diversos ciclos, com sua aplicação, em um primeiro momento, ocorrendo em uma máquina ou em um pequeno conjunto de máquinas para que o seu conhecimento teórico e prático seja absorvido pelos profissionais que atuam na Organização. Esta ação visou a promoção de uma replicação mais eficaz nos próximos ciclos de implementação.

Com o método M0 proposto, o próximo passo desenvolvido foi realizar a respectiva avaliação. Esta avaliação foi realizada através de uma aplicação prática em uma estamperia real. A aplicação do método ocorreu em uma empresa do ramo metalmeccânica fornecedora de conjuntos e peças para os segmentos agrícola, rodoviário, construção e automotivo. A empresa em questão, possuía uma estamperia formada por cerca de 48 prensas, nas quais foram escolhidas especificamente 4 para a implementação do método. Uma das máquinas foi definida como máquina piloto, onde todas as etapas seriam aplicadas primeiramente em uma lógica de 'laboratório'.

Ao analisar a aplicação prática do método M0, foi possível a percepção da melhoria ao analisar os resultados obtidos. Em geral, o método proporcionou um aumento de cerca de 58% no IROG em média das prensas implementadas, passando de um valor médio de 24% para 38%. Este resultado foi identificado após 5 meses de acompanhamento da implementação do método. O resultado alcançado pela empresa, ocasionou a redução de um turno em todas as prensas de implementação do método, proporcionando uma economia de cerca de R\$ 95.193,60 por mês somente em termos dos profissionais alocados nas atividades em cena, reduzindo assim cerca de 33% o custo de mão de obra da linha. Já o aumento da flexibilidade foi observado ao analisar-se os novos períodos de nivelamento planejados para serem implementados, ocasionando uma redução de cerca de 2,1 dias da média de dias de nivelamento, passando de 22,8 dias para 20,7 dias. Estes resultados sugerem, mesmo com um pequeno período de acompanhamento, que o método é capaz de proporcionar o incremento da flexibilidade, através da capacidade de produzir uma maior variedade de componentes, e a preservação ou até mesmo a redução de custos globais envolvidos na operação.

Entretanto, ao analisar de maneira crítica o processo de implementação do método M0, algumas observações e oportunidades de melhoria puderam ser identificadas. A primeira alteração entendida como necessária foi a inclusão de etapa relacionada a manutenção de equipamentos. Isto ficou evidenciado através da análise dos gráficos de pareto das causas de paradas nas prensas estudadas. Para isto foi proposto a inclusão de dois pilares básicos do TPM: MP – Manutenção Planejada; MA – Manutenção Autônoma. Outra melhoria identificada foi a inclusão de uma rotina de manutenção, com o principal objetivo de favorecer a operacionalização e a manutenção do método. Para isto foi proposto a inclusão de uma etapa específica de auditoria, onde os requisitos estariam relacionados as etapas implementadas e a sua ocorrência seria estipulada conforme a necessidade. Finalmente, uma oportunidade detectada foi a possibilidade de abrangência no critério de focalização pretendido com a divisão de máquinas para altos e baixos volumes presente na etapa de implementação do *Heijunka* e sequenciamento de produção. Foi percebido na prática que existem outros critérios que podem ser considerados para focalizar máquinas tornando-as, potencialmente, mais produtivas. Esta abrangência nos critérios visa possibilitar a existência de processos, por si só, produtivos, aumentando a utilização geral dos recursos.

As oportunidades de melhorias identificadas deram origem a proposição de um novo método intitulado de M1. Visando aprimorar o método M1, foi utilizado um grupo focal formado por especialistas. Neste grupo focal, realizado de forma virtual, uma série de críticas, observações e sugestões foram feitas, a saber: i) a contextualização do método, apontado para uma necessidade de revisão das delimitações e do contexto do trabalho, além da sugestão de propor o batismo do método projetado; ii) ao engajamento e sustentação do método, indicando uma carência de mais elementos para possibilitar a operacionalização e manutenção do método; ii) aos indicadores, com a crítica que o método não trazia quais indicadores a serem usados para possibilitar o entendimento e a discussão, devidamente alinhada, de todos os níveis hierárquicos; iii) ao confronto entre *Heijunka* e sequenciamento de produção, ao ser discutido que estes dois conceitos poderiam não estar suficientemente conectados sob o ponto de vista da estratégia de produção; iv) ao desenho do método, criticando-o principalmente pela linearidade mostrada em sua representação gráfica; v) ao TPM, contextualizando que a metodologia é algo mais abrangente no que diz respeito, principalmente, a sua gestão; vi) a gestão da rotina, ao salientar a importância do envolvimento das áreas de apoio na solução de problemas impactantes no dia a dia produtivo; vii) ao 5S, ressaltando a sua importância como base para o processo de melhoria e observando que, devido ao fato de se tratar de uma metodologia em si mesma, não deveria estar incluído no contexto do GPT; viii) a acuracidade dos tempos de ciclo, sugerindo, devido a sua relevância para o IROG, a inclusão de um passo específico para a realização sistemática desta atividade; ix) a abordagem de otimização, movimentação e fluxo de materiais, através da discussão da importância do assunto devido, principalmente, ao aproveitamento de matéria prima.

Assim sendo, o processo de avaliação com o uso do grupo focal trouxe importantes contribuições para a evolução do método, tornando-o uma importante etapa para este trabalho. Além disso, seu desenvolvimento, após uma etapa prévia de aplicação prática, tornou ainda mais rica a discussão devido aos exemplos práticos relatados na apresentação do método. Dessa forma, as discussões e sugestões observados no grupo focal deram origem a um novo método projetado – Método M2, intitulado de MIE – Método de Melhoria Integrado de Estamparias. O método MIE é formado de 9 etapas distintas, contendo um total de 52 passos.

Analisando o método obtido como resultado deste trabalho é possível afirmar que este abrange conceitos e metodologias normalmente utilizados na indústria

(SMED, GPT, PRESET, TPM). Entretanto, o método propõe um processo de melhoria integrado, expondo, principalmente, uma ordem e dependência de implementação, tornando-o significativo no âmbito de estamparias. Contudo, esta abrangência fez com que o método se tornasse complexo e longo, fato que exigirá esforço e um considerável tempo para a sua aplicação. No entanto, esta energia de implementação, que provavelmente será demanda, talvez não seria diferente se todos estes conceitos e metodologias fossem aplicados separadamente de maneira independente. Assim, é possível afirmar que se os conceitos e metodologias envolvidos no MIE fazem sentido no cenário de estamparias, o fato destes estarem contidos em uma lógica de implementação e dependência tende somente a beneficiar o resultado gerado, principalmente no que diz respeito ao tempo de aplicação.

Com relação especificamente a capacidade de redução de custos do método MIE, este fato, a priori, estaria relacionado ao conceito de redução do custo peça através da diluição de custos fixos. Entretanto, esta afirmação pode ser questionada na lógica do mundo dos ganhos da TOC, pois não haveria um incremento no número de peças vendidas se o recurso da melhoria não fosse o gargalo do sistema. Neste sentido, cabe ressaltar que, devido à redução de custo estar relacionada ao aumento da utilização dos recursos, o benefício de implementação do método poderia ser, em uma visão de futuro, a possibilidade de incremento de produção através da inclusão de novas peças. Esta visão é relevante no cenário de estamparias devido ao seu significativo custo de ativos, possibilitando assim o aumento do número de peças com o mesmo recurso.

Outra importante consideração que pode ser feita ao método MIE é quanto a sua generalização. De fato, o foco do desenvolvimento do método foi estamparias, buscando o uso de metodologias e conceitos que fizessem sentido neste ambiente. Porém, ao analisar o método proposto parece plausível afirmar que ele poderia ser generalizado para o contexto onde se tenha equipamentos de custo significativo associados a tempos de *setup* elevados, complexidade que tornaria o desenvolvimento da flexibilidade significativamente influenciável na utilização de recursos e, conseqüentemente, nos custos produtivos.

Portanto, foi construído processualmente um entendimento de que este método, após cumprir as etapas de projeto e validação realizadas, é capaz de promover, concomitantemente, o aumento da flexibilidade e a redução de custos no contexto de estamparias. Além disso, acredita-se que o método MIE é possível de ser

pensado como uma solução generalizável dentro do contexto específico de estamparias, pois busca a solução de problemas comuns pertencentes a este cenário produtivo. Além disso, julga-se que este método traz importantes contribuições no âmbito acadêmico e no mundo real de empresas do metalmeccânica que possuem estamparias no contexto de seus sistemas produtivos.

A contribuição acadêmica estaria relacionada, sinteticamente, a 2 aspectos. O primeiro devido ao fato de que o método proposto (MIE) é capaz de integrar e relacionar diversos conceitos e metodologias que, mesmo já difundidas na literatura, não estão conectados e sistematizados da ótica específica de sua aplicação no setor de estamparia. Em outras palavras o MIE propiciou a reunião de elementos que fazem sentido neste ambiente somada a passos específicos que visam a solução de problemas comuns ao setor. Adicionalmente, a integração e relacionamento propostos sugere uma lógica de implementação, fato até então não retratados em trabalhos científicos da área em cena. Um segundo aspecto, mais focalizado, está relacionado ao uso do *preset* contido em uma lógica de passos de implementação, pois, nas pesquisas da literatura realizadas, não foram identificados trabalhos que explicitassem como deve proceder sua aplicação. Ademais, o método proposto traz este artefato inserido em um contexto ainda mais amplo, condicionando a sua aplicação a evolução em outras metodologias e conceitos.

Já em se tratando do contexto de mundo real de estamparias, o MIE proposto fornece a gestores um passo a passo para a promoção da melhoria sustentável neste tipo de ambiente produtivo. A série de passos lógicos permite o entendimento dos passos de implementação e, o que é essencial, destacar as principais relações de dependência existente entre os conceitos e metodologias em jogo. Esta noção abrangente tende a suportar os processos de melhoria, diminuindo a lógica de tentativa e erro e, conseqüentemente, tornando o tempo para o atingimento das metas propostas mais curto e, principalmente, mais sustentável ao longo do tempo.

## **7.1 Atendimento aos objetivos**

Ao analisar o objetivo deste trabalho – Propor um método que proporcione, simultaneamente, o aumento da flexibilidade e a redução de custo de uma estamparia – entende-se que o método MISE, proposto após todas as etapas aqui relatadas,

abrange os requisitos propostos. Assim sendo, infere-se que este trabalho cumpre o objetivo a que foi disposto.

Em se tratando dos objetivos específicos, base para o atendimento do objetivo geral, é compreendido que: a avaliação e identificação da literatura buscando soluções para o *trade-off* custo *versus* flexibilidade foi realizada, apontando que estas soluções estariam relacionadas ao sequenciamento de produção, aumento da utilização de recursos e a redução dos tempos de *setup* e ajustes; a contextualização e caracterização de estamparias foi realizada, indicando que este cenário trata-se de um ambiente complexo formado por ferramentas dedicadas e com dimensões e peso significativos, além de um processo de conformação e estampo dependente de uma série de parâmetros e especificidades. A validação do método proposto foi feita em uma estamparia real e detentora, de forma geral, de todos os aspectos associados ao sistema produtivo relatados e pertencentes a este contexto. Ainda, a validação do método por especialistas foi realizada através da realização do grupo focal, trazendo as críticas e melhorias necessárias para a consolidação do método.

## 7.2 Limitações de estudo

Ao decorrer do desenvolvimento do trabalho houve um expressivo cuidado para garantir a abrangência necessária à solução do problema em questão. Entretanto, algumas limitações foram identificadas e precisam ser aqui relatadas.

A primeira limitação percebida foi com relação a ausência de um estudo dos processos de movimentação e fluxo de materiais. Esta limitação foi identificada no grupo focal, gerando discussões no que diz respeito a possíveis melhorias relacionadas a *layout*, movimentação de ferramentas, movimentação de materiais e otimização de matéria-prima. Este último fator, como discutido no grupo focal, pode inclusive interferir na necessidade de promoção da flexibilidade devido a uma possível subordinação dos recursos produtivos para a busca, exclusivamente, da otimização de material.

Outra limitação necessária de ser observada tem relação com o engajamento dos diversos níveis envolvidos no método, principalmente no que diz respeito ao período pós-implantação do MIE. É de entendimento que o método traz fatores que podem garantir o envolvimento dos diversos níveis hierárquicos durante a sua implementação através das ações de treinamento, formação de equipe

implementadora e participação ativa da alta gestão nos processos de formação do escopo e acompanhamento de resultados nos fóruns. Entretanto, é percebido a necessidade de mais ações para garantir que este nível de engajamento se mantenha após o desenvolvimento de todas as etapas de implementação. Estas ações poderiam estar ligadas a fatores motivacionais, programas de premiação e a programas de treinamentos mais abrangentes e contínuos, temas estes que não foram focos específicos deste.

Uma terceira limitação estaria associada ao estudo de formação, cálculo e indicadores relacionados a custos. Julga-se que este assunto, devido a estar conectado a um dos objetivos deste trabalho, poderia ter sido estudado de maneira mais aprofunda, identificando possíveis conceitos que poderiam ser utilizados na busca pela redução de custos. Além disso, estes conceitos auxiliariam na formação de indicadores de controle que, conseqüentemente, beneficiariam a tomada de decisão no que tange a escolha para priorização das ações a serem realizadas.

Uma última limitação está relacionada ao tempo necessário para a aplicação prática. O método, proposto para um problema de difícil solução de um ambiente complexo, necessita de um tempo para a sua implementação e maturação por parte de todos os envolvidos no processo superior ao tempo disponível para elaborar este trabalho. Este tempo, devido ao método envolver uma série de conceitos e metodologias, pode ser significativo, envolvendo até mesmo anos. Assim sendo, resultados significativos podem ser percebidos somente após um expressivo tempo de implantação do MIE.

### **7.3 Proposição para trabalhos futuros**

Ao considerar os resultados e as limitações deste trabalho, foi possível identificar algumas oportunidades de pesquisas futuras que possam contribuir para a busca do aumento da flexibilidade e a redução de custos em estampilhas.

Uma primeira pesquisa estaria relacionada a aplicação prática do método MIE. Um trabalho neste sentido traria um embasamento maior na verdadeira envergadura que o método proposto possui no que diz respeito a promoção da flexibilidade e na redução de custos. Este trabalho, devido à complexidade e dimensão do método, necessariamente deveria abranger o acompanhamento de um período significativo,

observando os resultados alavancados após todas as etapas e passos serem implementados.

Um outro trabalho estaria relacionado ao entendimento do aproveitamento de materiais no cenário da estamperia. Este trabalho focaria no estudo de quais situações, em estamparias, a necessidade de otimização de matérias seria significativa. Esta necessidade, se existir e for significativa, poderia apresentar um *trade off* entre a otimização dos materiais e a flexibilidade/programação, o que poderia modificar alguns conceitos e premissas do método proposto neste trabalho.

O terceiro estudo teria o foco dos aspectos que deveriam ser considerados para promover e garantir o engajamento de todos os envolvidos no processo de melhoria que o método propõe. Este estudo poderia trazer conceitos e metodologias que poderiam ser adicionadas ao método MIE um ciclo de operacionalização e melhoria específico. Assim, o método seria formado de etapas e passos para a sua implementação, seguido de outras etapas e passos para a sua operacionalização e manutenção. Esta linha de pesquisa traria uma abrangência e garantia da melhoria da flexibilidade e custos.

Por fim, sugere-se que poderia ser desenvolvido um estudo da formação de custos, abrangendo a definição de indicadores que fizessem sentido no âmbito de estamparias. Este estudo tornaria o método MIE mais completo, dando embasamento mais amplo e sistemático para a melhoria do processo de tomada de decisão.

Todas estas sugestões poderiam trazer benefícios e melhorias significativas para o método aqui proposto, tornando a busca pela solução do *trade-off* custo *versus* flexibilidade em estamparias ainda mais assertiva, garantindo o atingimento dos resultados esperados pelas organizações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHKIOON, S.; BULGAK, A. A.; BEKTAS, T. Cellular manufacturing systems design with routing flexibility, machine procurement, production planning and dynamic system reconfiguration. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 47, n. 6, p. 1573–1600, 2009.
- ANTUNES JR, José Antônio Valle; KLIPPEL, Marcelo. Estratégia de produção : conceituação , critérios competitivos e categorias de decisão. **III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, [s. l.], n. 2004, p. 1–10, 2006.
- ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. 1ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ANTUNES, Junico et al. **Uma Revolução na Produtividade. A Gestão Lucrativa dos Postos de Trabalho**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- AVELLA, L.; FERNANDEZ, E.; VAZQUEZ, C. J. Taxonomy of the manufacturing strategies of large Spanish industrial companies. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 36, n. 11, p. 3113–3134, 1998.
- AVELLA, L.; VAZQUEZ-BUSTELO, D.; FERNANDEZ, E. Cumulative manufacturing capabilities: An extended model and new empirical evidence. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 49, n. 3, p. 707–729, 2011.
- BERRY, William L.; COOPER, Martha C. Manufacturing flexibility: Methods for measuring the impact of product variety on performance in process industries. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 163–178, 1999.
- BOYER, KENNETH K.; LEWIS, MARIANNE W. Competitive Priorities: Investigating the Need for Trade-Offs in Operations Strategy. **Production and Operations Management**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 9–20, 2002.
- CAKMAKCI, Mehmet. Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [s. l.], v. 41, n. 1–2, p. 168–179, 2009.
- CHIARADIA, Áureo José Pillmann. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: Um estudo de caso na indústria automobilística**. 2004. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2004.
- CHOU, Mabel C.; TEO, Chung Piaw; ZHENG, Huan. Process flexibility: Design, evaluation, and applications. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, [s. l.], v. 20, n. 1–2, p. 59–94, 2008.
- CLAUNCH, Jerry W. **Setup Time Reduction**. Chicago: Irwin, 1996.
- CLAUNCH, Jerry W.; STANG, Philip D. **Set-up Reduction: Saving Dollars with Common Sense**. Flórida: PT Publications, 1989.

COX III, James; SCHLEIER JR., John G. **Handbook da teoria das restrições**. 1ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

DABHILKAR, Mandar et al. Supplier selection or collaboration? Determining factors of performance improvement when outsourcing manufacturing. **Journal of Purchasing and Supply Management**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 143–153, 2009.

DE MEYER, Arnoud et al. Flexibility: the next competitive battle. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 135–144, 1989. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=12493422&site=ehost-live&scope=site>>

DE RON, A. J.; ROODA, J. E. Equipment effectiveness: OEE revisited. **IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 190–196, 2005.

DRESCH, Aline. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. 2013. [s. l.], 2013.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES, José Antonio Valle. **Design Science Reaserch Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EFSTATHIOU, Janet; GOLBY, Peter. Application of a simple method of cell design accounting for product demand and operation sequence. **Integrated Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 246–257, 2001.

ELMARAGHY, Hoda A. Automated tool management in flexible manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1–13, 1985.

ELMOSELHY, Salah A. M. Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 598–619, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.05.011>>

FLEISCHER, Jürgen; WEISMANN, Udo; NIGGESCHMIDT, Stephan. Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements. In: PROCEEDINGS OF LCE2006 2006, Karlsruhe. **Anais...** Karlsruhe

FYNES, Brian; VOSS, Chris; DE BÚRCA, Seán. The impact of supply chain relationship dynamics on manufacturing performance. **International Journal of Operations and Production Management**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 6–19, 2005.

GEST, G. B. **The modeling of Changeovers and the Classification of Changeover Time Reduction Techniques**. 1995. University of Bath, [s. l.], 1995.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição ed. [s.l.] : Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOLDRATT, Eliyahu; COX III, James. **A meta**. São Paulo: Educator, 1989.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Síndrome do palheiro: Garimpando informações num oceano de dados**. São Paulo: Fullmann, C., 1991.

GRÖSSLER, Andreas; GRÜBNER, André. **An empirical model of the relationships between manufacturing capabilities**. [s.l.: s.n.]. v. 26

HALLGREN, Mattias; OLHAGER, Jan; SCHROEDER, Roger G. A hybrid model of competitive capabilities. **International Journal of Operations and Production Management**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 511–526, 2011.

HAYES, Robert H.; PISANO, Gary P. Manufacturing Strategy: At the Intersection of Two Paradigm Shifts. **Production and Operations Management**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 25–41, 2009.

HEDMAN, Richard; SUBRAMANIYAN, Mukund; ALMSTRÖM, Peter. Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 57, p. 128–133, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>>

HIRANO, Hiroyuki. **JIT Implementation Manual**. 2ª edição ed. Boca Raton - FL: Taylor & Francis Group, 2010.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. **A ciência da Fábrica**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HOPP, Wallace J.; SPERMAN, Mark L. **A ciência da fábrica**. 3ª ed. Porto Alegre.

HUANG, Samuel H. et al. Manufacturing system modeling for productivity improvement. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 249–259, 2002.

HWANG, H.; SUN, J. U. Production sequencing problem with re-entrant work flows and sequence dependent setup times. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 36, n. 9, p. 2435–2450, 1998.

IRELAND, F.; DALE, B. G. A study of total productive maintenance implementation. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 183–191, 2001.

JANE, Lucie. Using discrete event simulation for scheduling and long range capacity planning of a high volume press shop. [s. l.], 2005.

JUNIOR, Milton Vieira et al. The role of tool presetting in milling stability uncertainty. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 26, p. 164–172, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.023>>

KAMPA, Adrian; GOŁDA, Grzegorz; PAPROCKA, Iwona. Discrete event simulation method as a tool for improvement of manufacturing systems. **Computers**, [s. l.], v. 6, n. 1, 2017.

KANNENBERG, G. Proposta de sistemática para implantação de troca rápida de ferramentas. **Porto Alegre**, [s. l.], v. 120, 1994.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design Science Research: método de pesquisa

para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2013000400001&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001&lng=pt&tlng=pt)>

LANDE, M. ...; MANDAVGADE, N. K. Value Stream Mapping in Press Shop. **International Journal of Innovations in Engineering and Science**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 24–27, 2019.

LANZA, Gisela et al. Measuring global production effectiveness. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 7, p. 31–36, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.006>>

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

MATZKA, Judith; DI MASCOLO, Maria; FURMANS, Kai. Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 49–60, 2012.

MCINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. A critical evaluation of Shingo ' s ' SMED ' ( Single Minute Exchange of Die ) methodology. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 38, n. 11, p. 2377–2395, 2000.

MCINTOSH, Richard et al. An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. **International Journal of Operations and Production Management**, [s. l.], v. 16, n. 9, p. 5–22, 1996.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MILEHAM, A. R. et al. Rapid changeover ± a pre-requisite for responsive manufacture. **International Journal of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 19, n. 8, p. 785–796, 2006.

MILTENBURG, John. Setting manufacturing strategy for a factory-within-a-factory. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 113, n. 1, p. 307–323, 2008.

MINTZBERG, Henry; AHLSTRAND, Bruce; LAMPEL, Joseph. **Safári de Estratégia: Um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

MOHANAVELU, Thenarasu; KRISHNASWAMY, Rameshkumar; MARIMUTHU, Prakash. Simulation modelling and development of analytic hierarchy process-based priority dispatching rule for a dynamic press shop. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 340–364, 2017.

MONTEIRO, Jairo Lipert. **O Preset como ferramenta de competitividade na Indústria Metal Mecânica Brasileira: Um Estudo De Caso**. 2009. Universidade do Vale dos Rio dos Sinos - UNISINOS, [s. l.], 2009.

MOREIRA, António Carrizo; PAIS, Gil Campos Silva. Single minute exchange of die.

A case study implementation. **Journal of Technology Management and Innovation**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 129–146, 2011.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 46, n. 13, p. 3517–3535, 2008.

NAKAJIMA, Seiichi. **INTRODUCTION TO TPM**. Cambridge - EUA: Productivity Press, 1988.

OHNO, Taichi. **O sistema toyota de produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Eduardo Henrique. **Lean Construction: O Princípio do TAKT**. [s.l.] : Bookess, 2018.

OPRITESCU, Daniel et al. Low-risk bypassing of machine failure scenarios in automotive industry press shops by releasing overall capacity of the production networks. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 52, n. April 2018, p. 121–130, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.05.007>>

ORTA-LOZANO, Minerva Mayela; VILLARREAL, Bernardo. Achieving competitiveness through setup time reduction. **IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding**, [s. l.], 2015.

PIRAN, Fábio Antônio Sartori et al. A Utilização do Índice de Rendimento Operacional Global ( IROG ) na Gestão dos Postos de Trabalho : Estudo Aplicado em uma Empresa do Segmento Metal Mecânico . segment. **Revista Espacios Caracas**, [s. l.], v. 36, n. 24, p. 14–26, 2015.

PRICE, G. et al. Knowledge elicitation and the development of a knowledge-based system for production scheduling. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, [s. l.], v. 209, n. 2, p. 99–106, 1995.

RAWLINSON, Mike; WELLS, Peter. Taylorism, lean production and the automotive industry. **Asia Pacific Business Review**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 187–204, 1996.

ROY, R.; MEIKLE, S. E. The role of discrete event simulation techniques in finite capacity scheduling. **Journal of the Operational Research Society**, [s. l.], v. 46, n. 11, p. 1310–1321, 1995.

SARKER, Bhaba R. An economic approach for finding a time-scaled utilization profile for a bending press shop. **Production Planning and Control**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 79–84, 1990.

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research Methods for Business Students**. 5ª edição ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2009.

SEIDEL, André. **No sentido da implementação de um programa de troca rápida**

**de ferramentas (TRF): um estudo de caso de um empresa fornecedora de componentes para montadoras da indústria automobilística nacional.** 2003. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, [s. l.], 2003.

SEIDEL, André et al. Aplicação da metodologia global de implementação da Troca Rápida de Ferramentas em uma empresa industrial do setor metal mecânico. **ENESEP**, Porto Alegre, v. XXV, 2005.

SHINGO, Shigeo. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System.* . 1985.

SILVA, Aneirson Francisco Da et al. Bi-Objective Multiple Criteria Data Envelopment Analysis combined with the Overall Equipment Effectiveness: An application in an automotive company. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 157, p. 278–288, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.147>>

SINGH, Bikram Jit; KHANDUJA, Dinesh. SMED: For quick changeovers in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 98–116, 2010.

SINGH, Ranteshwar et al. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 51, n. NUiCONE 2012, p. 592–599, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>>

SKINNER, Wickham. *The Focused Factory.* **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 52, p. 113–121, 1974.

SOUZA, Ibere Guarani De et al. Efficiency and internal benchmark on an armament company. **Benchmarking: An International Journal**, [s. l.], v. 25, n. 7, p. 2018–2039, 2018. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BIJ-08-2016-0128>>

SUN, Ji Ung. An ant colony optimization algorithm for the press shop scheduling problem. **Applied Mechanics and Materials**, [s. l.], v. 321–324, p. 2116–2121, 2013.

TADIĆL, Branko; TADIĆL, Danijela; MARJANOVIĆL, Nenad. Fuzzy approach to business improvement of holding equipment in the conditions of decreased production range. **Yugoslav Journal of Operations Research**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 223–234, 2007.

TARDIN, Gustavo Guimarães. **O sistema puxado e o Nivelamento da Produção.** 2001. Universidade Estadual de Campinas, [s. l.], 2001.

VANPOUCKE, Evelyne; VEREECKE, Ann; WETZELS, Martin. Developing supplier integration capabilities for sustainable competitive advantage: A dynamic capabilities approach. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 32, n. 7–8, p. 446–461, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.004>>

VENABLE, John R.; PRIES-HEJE, Jan; BASKERVILLE, Richard. Choosing a Design Science Research Methodology. **ACIS2017 Conference Proceeding Hobart: University of Tasmania**, [s. l.], 2017. Disponível em: <[https://rucforsk.ruc.dk/ws/files/61055477/ACIS2017\\_paper\\_255\\_FULL.pdf](https://rucforsk.ruc.dk/ws/files/61055477/ACIS2017_paper_255_FULL.pdf)>

VENKATESH, J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. 2005. Disponível em: <[http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml)>. Acesso em: 24 maio. 2020.

WHEELWRIGHT C., Steven. Manufacturing Strategy: Defining the Missing Link. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 77–91, 1984.

WILLIAMS, Karel; MITSUI, Itsutomo; HASLAM, Colin. How far from Japan? A case study of Japanese press shop practice and management calculation. **Critical Perspectives on Accounting**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 145–169, 1991.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, Yong et al. Lessons from seru production on manufacturing competitiveness in a high cost environment. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 49–51, p. 67–76, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2017.01.003>>

## APÊNCIDE A – MANUAL DE ROTINA DE REUNIÕES

### Reunião Diária - 10 minutos



| Quem?              | O Que fazer?  |
|--------------------|---|
| Líder              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduz da reunião</li> <li>• Fala sobre o IROG do dia anterior</li> <li>• Fala das principais paradas do dia anterior</li> <li>• Informa sobre eventualidades previstas do dia</li> <li>• <b>Levar as ideias e necessidades da equipe para o Supervisor</b></li> </ul> |
| Líder + Operadores | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidades para seu trabalho</li> <li>• O que acham que deve melhorar?</li> </ul>  |

#### 1. Apresentar o status do IROG da Linha - máximo 2'

- a) Falar brevemente sobre o IROG do dia anterior

#### 2. Falar sobre as paradas do dia anterior - máximo: 5'

- a) Abordar anomalias ocorridas  
b) Pedir sugestões de ações para as anomalias ocorridas

#### 3. Plano do dia - máximo: 3'

- a) Setups importantes a considerar  
b) Situações relevantes do dia  
c) Abordar aspectos relacionados com a segurança.

### Reunião Diária - 30 minutos



| Quem?      | O Que Fazer?  |
|------------|---|
| Supervisor | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduz da reunião</li> <li>• Analisa o IROG do dia anterior</li> <li>• Analisa as principais paradas do dia anterior</li> <li>• Informa sobre eventualidades previstas do dia</li> </ul> |
| Líderes    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como solucionar os problemas da operação?</li> </ul>   |

#### 1. Revisar o Plano de ação - máximo: 5'

- a) Ações pendentes  
b) Revalidação de datas limites das ações pendentes

#### 2. Análise dos gráficos IROG, $\mu 1$ , $\mu 2$ , $\mu 3$ - máximo: 10'

- a) Comparar IROG com  $\mu 1$  e  $\mu 2$ .

#### 3. Análise do gráfico de Pareto - máximo: 5'

- a) Paradas do dia anterior e paradas acumuladas do mês.

#### 4. Plano de Ação - máximo: 10'

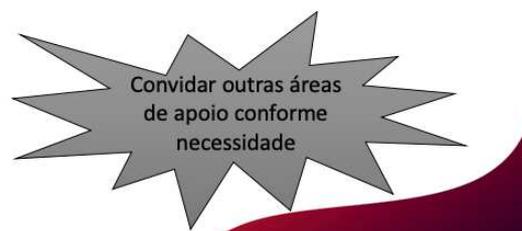
- a) Novas ações devem ser baseadas no gráfico de Pareto de paradas.

## Reunião Diária - 30 minutos



| Quem?                                | O Que Fazer?   |
|--------------------------------------|--|
| <b>Supervisor</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduz da reunião</li> <li>• Auxiliar na condução das ações e definições de responsáveis</li> <li>• Analisa o IROG do dia anterior</li> <li>• Analisa as principais paradas do dia anterior</li> <li>• Informar sobre ações do dia vigente</li> </ul> |
| <b>Líderes</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como solucionar os problemas da operação?</li> </ul>  |
| <b>Analista Manutenção/automação</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como aumentar a disponibilidade das máquina?</li> </ul>   |
| <b>Analista de ferramentaria</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como reduzir os problemas de variabilidades nas operações?</li> </ul>   |
| <b>Técnico de Qualidade</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como reduzir perdas de qualidade e melhorar o controle?</li> </ul>  |

- 1. Análise dos gráficos IROG,  $\mu 1$ ,  $\mu 2$ ,  $\mu 3$  - máximo: 5'**
  - a) Apresentação do IROG
- 2. Análise dos problemas impactantes- máximo: 5'**
  - a) Apresentação dos problemas do dia anterior
- 3. Revisar o Plano de ação - máximo: 20'**
  - a) Ações pendentes
  - b) Novos prazos para ações pendentes



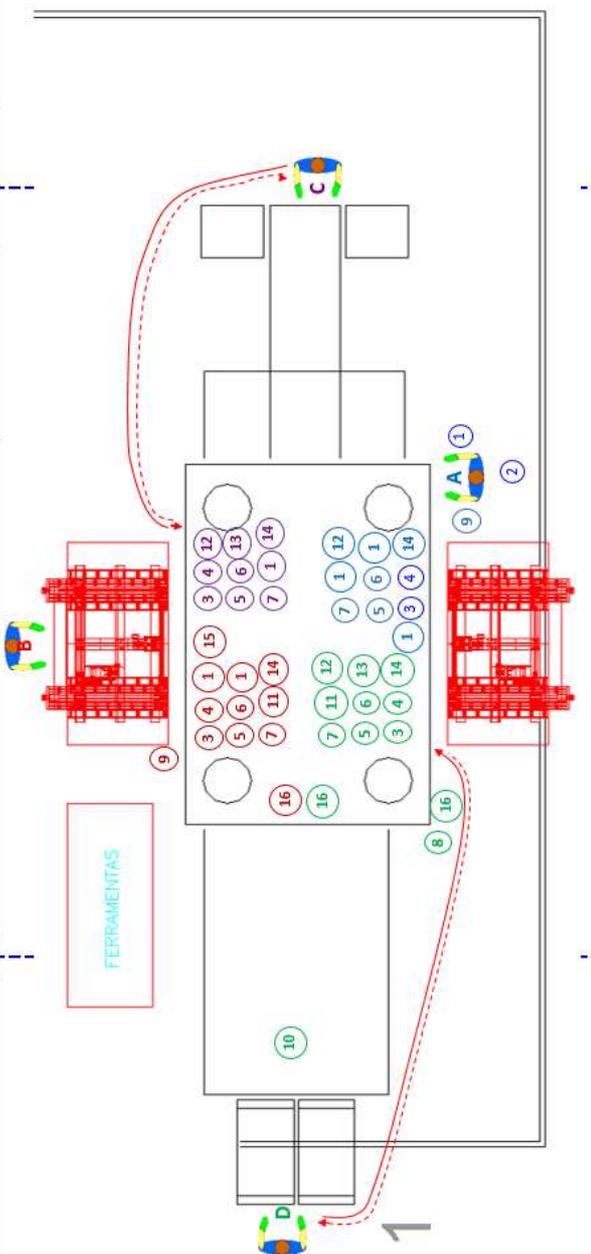
APÊNDICE B – INSTRUÇÃO DE TRABALHO SETUP



### INSTRUÇÃO DE TRABALHO PADRONIZADO SET-UP - ISET

NUMERHU: **4000020**  
*Figura 1 de 6*

|                      |  |   |                                  |                                 |                                |
|----------------------|--|---|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Área:<br>Linha 02.01 | Código / Descrição do Produto:<br>Diversos | Máquinas envolvidas:<br>Prensa Exc. SME4 630T c/ Transfer | Aprovada por:<br>Lider da Linha: | Elaborado por:<br>Cesal Freitas | Data Elaboraçaõ:<br>28/06/2016 |
| Nº                   | ELEMENTOS DE TRABALHO                      | Tempo (s)   | Processista:                     | Revisado por:                   | Data Revisãõ:                  |
|                      |  |   | Tempo de Set-Up (Min.):<br>4     | SPT                             | 22/01/2020                     |



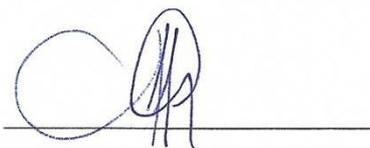
| Nº | ELEMENTOS DE TRABALHO   | Tempo (s) | Operações envolvidas: |
|----|---|-----------|-----------------------|
| 1  | Comunicar Set-up e lançar a OP no CODI.                               | A         |                       |
| 2  | Afastar bancada e painel transfer.                                    | A         |                       |
| 3  | Limpar sucata, excesso de água da ferramenta, mesa e chão.            | 60        | A, B, C, D            |
| 4  | Retirar pás e garras (Figura 1).                                      | 180       | A, B, C, D            |
| 5  | Colocar carrinho, retirar réguas do barramento.                       | 80        | A, B, C, D            |
| 6  | Retirar carrinho com as réguas. Colocar limitadores. (Figura 2).      | 80        | A, B, C, D            |
| 7  | Baixar prensa, soltar e retirar grampos e subir martelo               | 190       | A, B, C, D            |
| 8  | Aproximar carro de saída de ferramentas.                              | 84        | A, B                  |
| 9  | Tirar ferramenta da máquina e colocar a próxima                       | 580       | A, B                  |
| 10 | Trocar as ventosas (Durante a retirada da ferramenta)                 | 0         | D                     |
| 11 | Baixar martelo, colocar grampos. Subir martelo e retirar limitadores. | 205       | A, B, C, D            |

## APÊNDICE C – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DA EMPRESA

Na situação de Diretor de Manufatura da empresa Bruning Tecnometal LTDA, eu, Lúcio Cantarelli Noal, AUTORIZO, desde já, o USO e DIVULGAÇÃO de dados, fotos e documentos gerados no processo de implementação de método que visa o aumento da flexibilidade e a redução de custos no cenário de estamparias. Além disso, estou ciente que esta pesquisa será utilizada para a elaboração de dissertação de mestrado de Maurício Vieira.

Panambi, 8 de agosto de 2020.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large 'L' and 'C' followed by 'N', is written over a horizontal line.

Lúcio Canterelli Noal